

砂梨品种果实冷藏期间质地及品质差异性评价

Evaluation on fruit texture and quality of different pear varieties during cold storage

周慧娟^{1,2}叶正文^{1,2}曾思懿^{1,2}王晓庆^{1,2}骆 军^{1,2}ZHOU Hui-juan^{1,2} YE Zheng-wen^{1,2} ZENG Si-yi^{1,2} WANG Xiao-qing^{1,2} LUO Jun^{1,2}

(1. 上海市农业科学院林木果树研究所, 上海 201403; 2. 上海市设施园艺技术重点实验室, 上海 201403)

(1. Forest and Fruit Tree Research Institute, Shanghai Academy of Agricultural Sciences, Shanghai 201403, China; 2. Shanghai Key Laboratory of Protected Horticultural Technology, Shanghai 201403, China)

摘要:目的: 确定砂梨品质形成及劣变关键点。方法: 以早生新水、沪晶梨 18、沪晶梨 67 为试材, 将成熟度一致的 3 个品种的梨果实于 $(1.0 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ 、相对湿度 85%~90% 的冷库中贮藏 60 d, 每 10 d 测定果实品质和 10 个电子鼻传感器的感应值。结果: 沪晶梨 18 和早生新水为典型的果糖积累型, 沪晶梨 67 为山梨醇积累型, 3 个品种梨均为苹果酸积累型。冷藏期间, 沪晶梨 67 可保持较高的果实带皮硬度、果肉组织硬度、脆性和咀嚼性; 含有较高的葡萄糖、山梨醇和总糖含量, 可滴定酸、苹果酸含量较稳定; 贮藏风味浓郁, 受冷藏时间调控小, 耐贮性佳。沪晶梨 18 的果皮特性、紧实度和脆性优于早生新水, 拥有较高的果糖、苹果酸含量和果糖/总糖, 可保持较高的甜酸度, 贮藏风味浓郁。早生新水易软化, 可滴定酸含量呈急剧下降趋势, 综合风味受贮藏时间调控大, 不耐贮。早生新水和沪晶梨 67 梨果实挥发性化合物发生了明显变化, 特别是氮氧化合物、甲烷、硫化物、乙醇等挥发性化合物。结论: 早生新水、沪晶梨 18、沪晶梨 67 的安全冷藏期分别为 30, 40, 60 d。

关键词: 砂梨; 耐贮性; 风味; 电子鼻; 糖酸; 质构

Abstract: **Objective:** To determine the key points of pear quality formation and deterioration of different *Pyrus pyrifolia* pears during cold storage. **Methods:** Zaoshengxinshui, Hujingli18, Hujingli67 were used as materials, the fruit of three varieties with the same ripeness were stored in cold storage at $(1.0 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ and relative humidity of 85%~90% for 60 days, fruit texture, total soluble solids, titratable acid, sugar and acid

contents and 10 sensor values were determined every 10 days.

Results: Hujingli18 and Zaoshengxinshui were the typical type of fructose accumulation, Hujingli 67 was the type of sorbitol accumulation, and all three varieties were the type of malic acid accumulation. During cold storage, the fruit of Hujingli67 can maintain higher firmness with peel, firmness of pulp, crispness and chewiness; Higher content of glucose, sorbitol and total sugar; Stable content of titratable acid and malic acid; The storage flavor is less controlled by the cold storage time; Through the cold storage technology, it shows rich in storage. Hujingli18 is superior to Zaoshengxinshui in peel characteristics, compactness and crispness. Hujingli18 has high fructose, malic acid content and fructose/total sugar, which can keep high sweetness and acidity, and has strong flavor in storage. Zaoshengxinshui is easy to be softened, the content of titratable acid shows a sharp decline trend, the comprehensive flavor is regulated by the storage time, and is less resistant to cold storage. The volatile compounds in fruit of Zaoshengxinshui and Hujing pear 67 were obviously changed, especially the volatile compounds such as nitrogen oxides, methane, sulfur compounds and ethanol. **Conclusion:** The safe cold storage periods of Zaoshengxinshui, Hujing pear 18 and Hujing pear 67 are 30, 40 and 60 days, respectively.

Keywords: *Pyrus pyrifolia*; storability; flavor; electronic nose; sugar and acid; texture

基金项目: 上海市农委重点攻关项目(编号: 2121906); 上海市农业科学院攀高计划(编号: PG21221)

作者简介: 周慧娟, 女, 上海市农业科学院副研究员, 博士。

通信作者: 骆军(1972—), 男, 上海市农业科学院研究员, 学士。

E-mail: zhouhuijuan@163.com

收稿日期: 2022-05-12 **改回日期:** 2022-11-23

早生新水、沪晶梨 18、沪晶梨 67 是遗传背景相似、由上海市农业科学院林木果树研究所选育的 3 个砂梨品种, 具有果肉脆嫩、石细胞少、汁液丰富等优良特性, 加之与翠冠错峰上市而成为市场新星, 是长三角新兴的主栽品种^[1-3]。砂梨皮薄汁多、具有明显的呼吸和乙烯释放高峰, 其成熟正值高温高湿季节, 采后极易软化和腐败变质^[4]; 低温虽然可延长果实的保鲜期, 但长期的低温易使果实出现糖酸失调、果心褐变等症状, 严重影响了果实的

食用和商品价值^[5]。

砂梨系统果实采后仍具有新陈代谢进程,可形成其特有的风味^[6]。质构、色泽、糖酸和挥发性物质是构成果实品质的重要因素^[7]。质构是果实的基本属性,与口感质地和手感质地间呈强正相关^[8];糖酸是果实采后衰老期间的代谢底物^[9],可调控果实风味和色泽的代谢^[10],与果实耐贮性紧密相关^[11]。糖代谢及其信号转导在果实的风味、功能、贮藏物质及成熟衰老等方面都发挥着重要作用,不同系统梨果实中糖组分及含量差异较大,主要分为山梨糖醇、果糖和蔗糖积累型^[12],果糖占比对梨果实的甜味起决定作用^[11],砂梨以果糖、山梨醇和葡萄糖为主^[13]。不同系统梨果实酸组分及含量存在差异,刘松忠等^[11]研究表明,白梨有机酸由苹果酸、柠檬酸和琥珀酸构成,而蒋爽等^[14]发现梨果实中有机酸以苹果酸和枸橼酸为主。苹果酸与果实酸度呈正相关性^[15],是果实代谢的基础底物,适量的苹果酸使梨果实口感清爽,酸味持续时间长^[16];奎宁酸影响果实苦味,是芳香物质合成途径的中间产物^[17],间接影响了果实的品质;柠檬酸与梨果实酸度呈正相关,影响果实的综合风味^[9]。

挥发性物质是影响消费者购买意向的重要果实性状,包括烃类、有机酸、酯类、醛类、醇类、酮类、萜烯类、氧化物及硫化物^[18],其成分及比例决定了不同梨果的特有香气^[19]。电子鼻技术由 Corrado 等^[20]提出,在果实的贮藏性评价^[21]、腐败判别^[22]、果实新鲜度^[23]等方面均有一定的应用,但果实在成熟期和贮藏期间的组分和含量不同,传感器识别作用有一定差异^[24]。电子鼻技术不但可区分品种差异还可区别贮藏和货架期间挥发性物质的变化^[25],为目前较为成熟的检测技术之一。

研究拟以遗传背景相似、成熟期不同的早生新水、沪晶梨 18、沪晶梨 67 为试材,测定冷藏期间 3 个砂梨果实质地、糖、有机酸、挥发性物质,并对果实的质地及品质差异性进行评价,为砂梨品种的选育和采后保鲜技术的研发提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 试验材料

早生新水、沪晶梨 18(HJ18)、沪晶梨 67(HJ67)梨果实:2021 年采自上海市农业科学院庄行综合试验站,株行距 2.5 m×3.5 m,树龄 10 年,果实套单层黄袋,土壤表层肥沃,排灌通畅,统一管理,生长正常。3 个品种分别于 30 株树树冠外围高 1.2 m 处随机采摘向阳面果实,每株随机采摘 50 个成熟度一致、大小均一、色泽均匀、无病虫害、无机械损伤的果实,采摘后立即运送至上海市设施园艺技术重点实验室冷库进行分装和预冷处理,果实入库品质见表 1。

表 1 梨果实入库时品质状态
Table 1 Quality of three pear varieties

品种	采摘日期	外观	果肉组织 硬度/N	可溶性固形 物含量/%
早生新水	7 月 5 日	底色绿色转黄色	9~12	11.2~12.0
沪晶梨 18	7 月 5 日	底色绿色转黄色	8~12	11.8~12.8
沪晶梨 67	7 月 29 日	底色绿色转黄色	9~12	12.3~13.5

1.1.2 仪器与设备

防雾保鲜袋:0.03 mm,零度包装科技有限公司;
质构仪:TA. XT. Plus 型,英国 SMS 公司;
高效液相色谱仪:E2695 型,美国 Waters 公司;
高速离心机:X-22R 型,美国 Beckman 公司;
浓缩仪:Eppendorf Concentrator plus TM 型,美国 Eppendorf 公司;
手持阿贝折光仪:PAL-1 型,日本 ATAGO 公司;
电子鼻:PEN3.5 型,德国 AIRSENSE 公司。

1.2 试验方法

1.2.1 试验处理 将分选好的果实放置于外衬厚度为 0.03 mm 的 PE 防雾保鲜袋、内衬凹槽的塑料筐中,单层摆放,温度为(4.0±0.5)℃、相对湿度为 85%~90%的冷库中预冷 24 h,保鲜袋敞口预冷;封口置于温度为(1.0±0.5)℃、相对湿度 85%~90%的冷库中贮藏 60 d。每个品种设 3 次重复,每重复 300 个果实,每个品种共计 900 个果实。每个品种每 10 d 取 30 个果实,对冷藏期间果实质构、可溶性固形物、可滴定酸、蔗糖、葡萄糖、果糖、山梨醇、苹果酸、柠檬酸含量,10 个电子鼻传感器感应值等指标进行测定。

1.2.2 指标测定

(1) 质构:用质构仪对梨果实赤道对称两点的质构特性进行测定,圆柱形探头(P/5)直径 5 mm,测前速度 60 mm/min,测试速度 120 mm/min,测后速度 600 mm/min,触发力 0.5 N。第 1 次下压距离 3 mm,测定果皮硬度和果皮脆性;第 2 次下压距离 20 mm,测定果肉硬度、果肉紧实度及果肉脆性。

(2) 可溶性固形物含量:取左右赤道对称部位果肉,20℃下,用手持阿贝折光仪测定未经稀释的汁液的可溶性固形物含量,每次随机取 30 个果实进行测定。

(3) 可滴定酸含量:随机取 18 个梨果实赤道对称两点的果肉,设 3 个重复,酸碱滴定法测定(以苹果酸计)^[26]。

(4) 蔗糖、葡萄糖、果糖、山梨醇、苹果酸、柠檬酸含量:随机取 18 个梨果实赤道对称两点的果肉,设 3 个重复,参照严娟等^[27]的方法测定。

(5) 电子鼻传感器响应值:参照严娟等^[24]的方法稍作修改,使用 PEN3.5 型便携式电子鼻,包含 S1 芳香苯类(W1C)、S2 氮氧化物(W5S)、S3 氨类(W3C)、S4 氢气(W6S)、S5 烷烃(W5C)、S6 甲烷(W1S)、S7 硫化氢

(W1W)、S8 乙醇(W2S)、S9 芳香成分与有机硫化物(W2W)和S10 烷烃(W3S)10个金属氧化物传感器阵列。将5个梨果实放置于干燥皿中,用橡皮塞封口,25℃静置60 min后进行测定。挥发性气体以400 mL/min流速通过采集管,清洗时间为60 s,检测时间为240 s,取168~170 s处1~3个稳定信号作为分析时间点。每个样品重复测定3次。

1.3 数据处理

采用 Excel 软件进行数据统计分析并作图;采用 SPSS 22.0 软件进行相关性分析和显著性分析。

2 结果与分析

2.1 果实质地差异性比较

由图1可知,冷藏期间,3个品种梨果肉组织硬度、果肉脆性及果实紧实度呈下降趋势,带皮硬度和咀嚼性较为恒定。冷藏期间,HJ67果实带皮硬度显著高于HJ18和早生新水,说明遗传背景相似的3个品种的果皮特性有一定差异,与周慧娟等^[28]的结论一致。冷藏第20~60天,HJ18和早生新水果肉组织硬度和果肉脆性呈急剧下降趋势,显著低于HJ67的,说明果实质地是调控软化速率的决定性因素^[29],与HJ67果实较耐贮运的品种特性一致^[1-3]。冷藏第30~60天,HJ67果实紧实度急剧下降,HJ18和早生新水果实紧实度较为恒定,且显著高于HJ67的,说明果实紧实度与耐贮性的关系值得研究。冷藏第30~60天,HJ67果实咀嚼性显著高于HJ18和早生新水,说明HJ67果实可较好地保持果实固有质地特性。综上,HJ67果实带皮硬度、果肉组织硬度等质地特性优

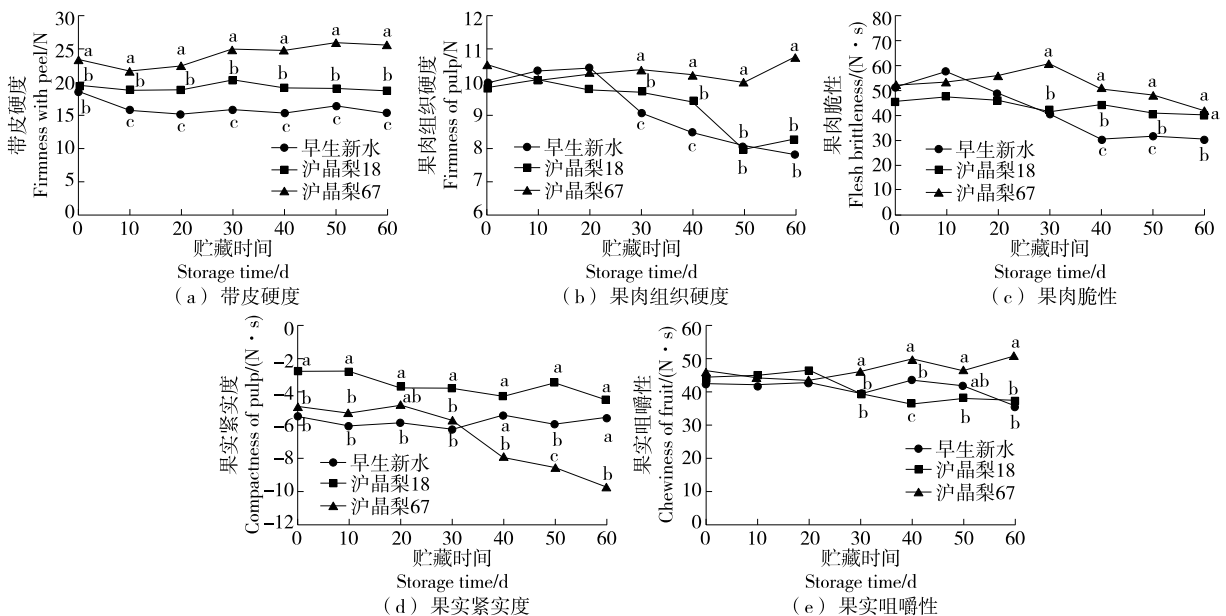
于HJ18和早生新水,但存在贮藏后期紧实度降低的缺陷;HJ18果实的果皮特性、紧实度和脆性优于早生新水,但果肉组织硬度和咀嚼性无显著性差异,进一步说明了两个品种质地的相似性。

2.2 果实可溶性固形物、糖组分和含量及配比差异性比较

由图2可知,冷藏期间,HJ67和早生新水果实可溶性固形物(SSC)含量呈先升后降的趋势,HJ18果实SSC含量后期呈上升趋势,说明3种类型梨果实均存在后熟进程,与南果梨的变化趋势一致^[30]。早生新水果实SSC含量于冷藏第40天出现峰值,后期急剧下降,说明冷藏第40天为其品质劣变点,与其对低温敏感导致果实风味降低有关^[29]。HJ67果实SSC含量显著高于HJ18和早生新水,较好地保持了果实固有风味。

可溶性糖的构成和比例决定果实的甜度,其中果糖最甜,葡萄糖甜度最小^[31]。HJ18和早生新水果实的葡萄糖、山梨醇和总糖含量显著低于HJ67,但其口感甜度却高于HJ67,与HJ18和早生新水为果糖积累型、HJ67为山梨醇积累型有关^[14]。HJ18梨果实的果糖/总糖显著高于早生新水和HJ67,与HJ18梨果实较HJ67和早生新水甘甜的结论一致,进一步说明了果糖占比决定果实甜味^[11]。

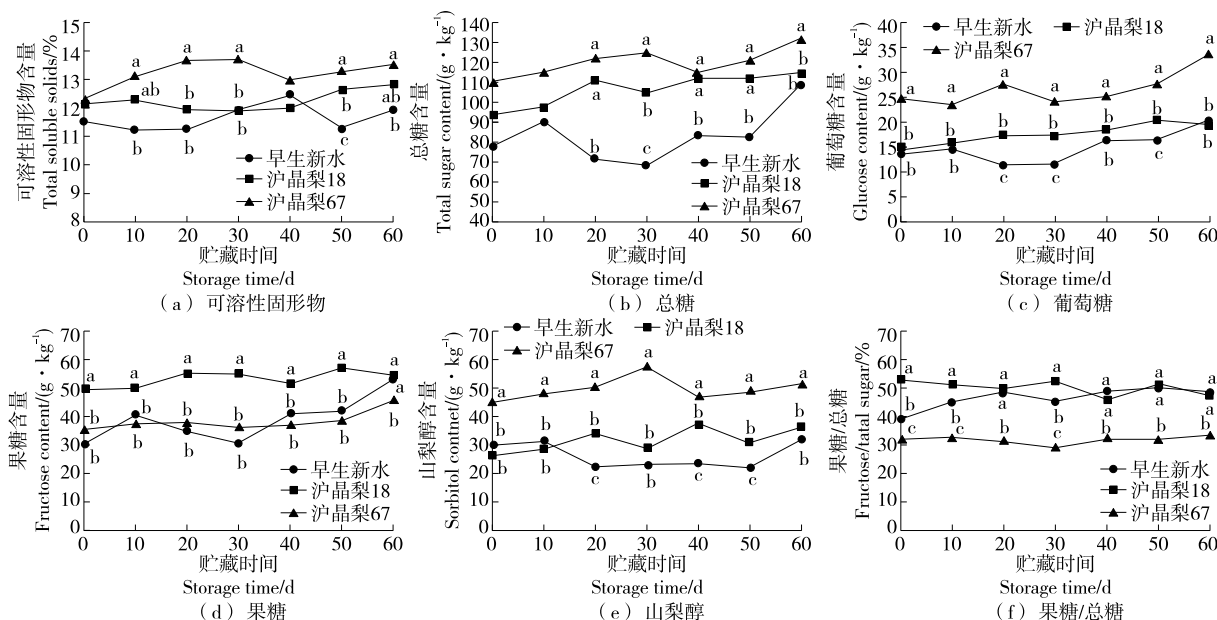
冷藏期间,3个品种梨果实葡萄糖含量均呈上升趋势;HJ18和早生新水果糖含量呈上升趋势;HJ18山梨醇含量呈上升趋势,早生新水山梨醇含量呈下降趋势;HJ67果糖和山梨醇含量无显著性变化,说明3个品种梨果实采后糖代谢存在差异,最终影响贮藏风味的变化^[10]。HJ67的葡萄糖、山梨醇和总糖含量显著高于HJ18和早生新水,说明HJ67的综合营养物质较高,受冷藏时间调



小写字母不同表示同一时间点不同处理之间差异显著($P < 0.05$)

图1 果实的质地特性

Figure 1 The texture properties of fruit



小写字母不同表示同一时间点不同处理之间差异显著 ($P < 0.05$)

图 2 果实糖组分和含量及果糖/总糖的变化

Figure 2 Changes in sugar components and contents and fructose/total sugar

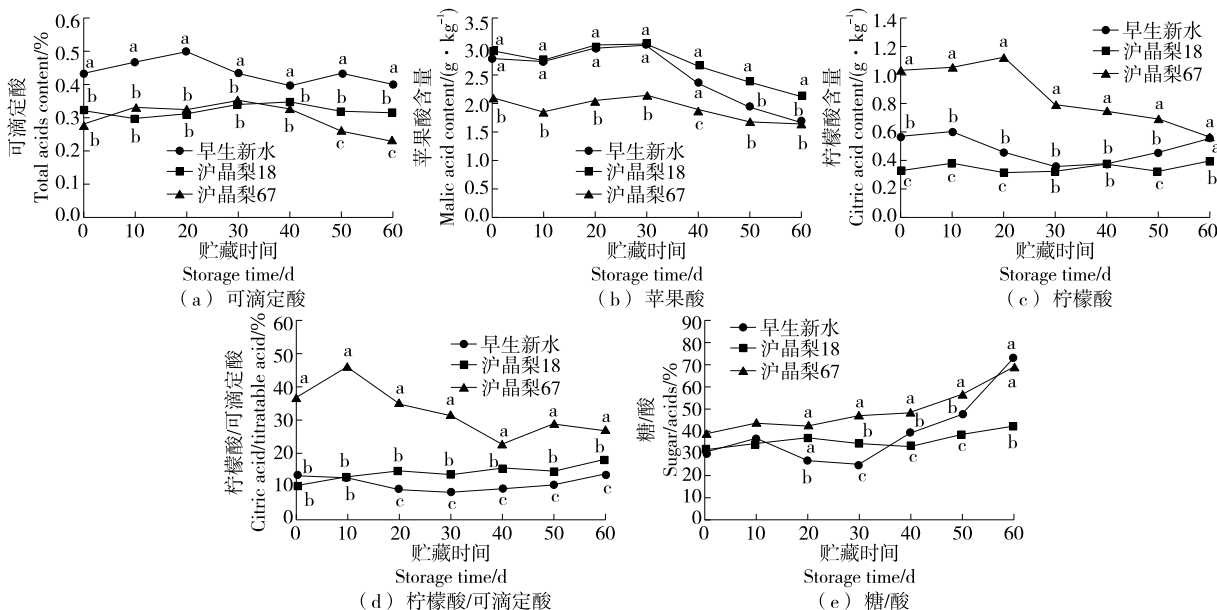
控小;HJ18 果糖含量和果糖/总糖显著高于 HJ67, 甜度高;随着冷藏时间的延长,HJ18 和早生新水的果糖/总糖无显著性差异,但仍显著高于 HJ67。

2.3 果实酸组分和含量的差异性比较

可滴定酸(TA)是果蔬采后新陈代谢的底物,与果实耐贮性密切相关。由图 3 可知,冷藏期间,HJ18 和早生新水的 TA 含量呈下降趋势,HJ67 的 TA 含量较稳定,说明 HJ18 和早生新水消耗了大量的 TA 以应对低温环境^[29];

早生新水果实 TA 含量显著高于 HJ67 和 HJ18,与 HJ67 果实较早生新水和 HJ18 果实酸含量高的结论有一定差异,说明总酸含量不是决定果实酸度值的决定性参数^[9]。

3 个砂梨品种的有机酸均以苹果酸和柠檬酸为主,为典型的苹果酸积累型,与姚改芳等^[12]的结论一致。梨果实中以苹果酸为主,但柠檬酸含量可影响总酸含量和酸度值^[9]。HJ67 果实 TA 和苹果酸含量低于其他两个品种,仅为早生新水的 0.65 倍,但综合口感却偏酸,与蒋爽



小写字母不同表示同一时间点不同处理之间差异显著 ($P < 0.05$)

图 3 果实酸组分和含量及糖/酸的变化

Figure 3 Changes in acid composition and content and sugar/acid

等^[14]的结论有一定差异。采摘时,HJ67果实柠檬酸含量显著高于HJ18和早生新水,且柠檬酸/可滴定酸为HJ18和早生新水的2~3倍,说明柠檬酸含量和占比是导致HJ67果实偏酸的原因之一,与胡红菊^[9]的结果一致。与可溶性糖相比,酸组分和含量对果实的整体风味的贡献率更大^[14]。冷藏第30~60天,早生新水苹果酸含量急剧下降,说明其综合风味下降,商品价值降低,HJ18和HJ67较好地保持了果实固有苹果酸含量;冷藏第20~60天,HJ67柠檬酸含量急剧下降,与果实口感酸度下降的趋势一致,进一步说明了柠檬酸含量是影响梨果实口感酸度的关键参数^[9]。冷藏第0~40天,HJ67柠檬酸/可滴定酸呈下降趋势,至第40天,柠檬酸/可滴定酸降低至初始的1/2,与长期低温冷藏导致果实酸度降低,从而影响果实综合口感的结论一致;冷藏第30~60天,HJ67柠檬酸/可滴定酸显著高于HJ18和早生新水,比值较恒定,说明HJ67为典型的柠檬酸优势型品种^[32],风味浓郁,不能仅以含酸量的高低断定果实品质优劣^[33]。HJ67果实口感偏酸,但冷藏期间果实TA、苹果酸含量较稳定,贮藏风味较浓,加之汁液丰富、果肉脆嫩等优良性状,使其在冷藏风味和时间上占有优势;冷藏第30~60天,果实酸度下降至最佳比例,糖酸比适中,与早生新水、翠冠等主栽品种错峰上市,说明不能以采摘时果品的酸度衡量果实的商品价值。

由图3可知,采摘时,HJ67果实糖酸比显著高于HJ18和早生新水。冷藏第0~40天,早生新水果实糖酸比为25%~40%,与初始值差异不显著;冷藏第40~60天,早生新水果实糖酸比急剧上升,糖酸比失调,风味降低,与40d左右为早生新水的安全贮藏期,后期风味下

降的结论一致。冷藏期间,HJ18的糖酸比较恒定,与初始值无显著差异,贮藏风味佳。冷藏第0~40天,HJ67果实糖酸比较稳定,风味偏酸,后期糖酸比上升,与冷藏40d后风味偏甜的结论一致。综上,不同栽培系统梨品种应根据其贮藏风味特点和贮藏时间决定销售市场和品质优劣^[12]。建议冷藏0~40d的HJ67果实销往偏酸风味市场,冷藏40~60d的果实销往偏甜风味市场。冷藏期间,HJ67可较好地保持果实质地,展现出其酸、甜风味的两面性,错峰上市,商品价值和食用价值佳。

2.4 果实电子鼻响应值的载荷分析

由图4可知,PC1中,对3个砂梨品种贮藏风味贡献较大的传感器有S2、S6、S7、S8、S9,主要敏感的化合物为氮化合物、甲烷、硫化物、醇、芳香成分。

2.5 果实挥发性物质的差异性比较

由图5可知,冷藏期间,早生新水的S2、S6、S7、S8和S9响应值呈先下降后平稳的趋势;HJ67的S2、S6、S7和

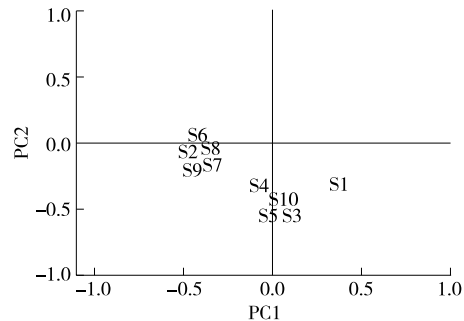
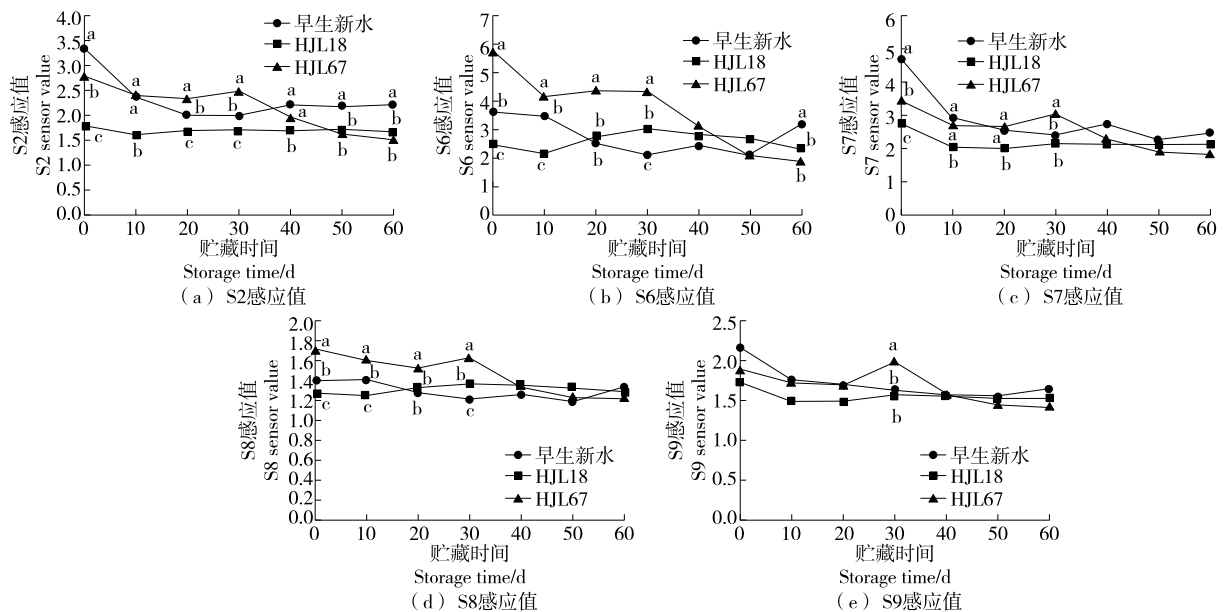


图4 电子鼻响应值的载荷分析

Figure 4 The loading analysis of e-nose responses values



小写字母不同表示同一时间点不同处理之间差异显著($P < 0.05$)

图5 果实挥发性物质的变化

Figure 5 Changes of volatile compounds of fruit

S8 响应值持续下降, S9 感应值较平稳; HJ18 的 5 个传感器感应值均无显著性变化, 说明早生新水和 HJ67 梨果实挥发性化合物发生了明显变化, 特别是氮氧化合物、甲烷、硫化物、乙醇等挥发性化合物, 果实风味受冷藏影响较大。冷藏 0~40 d, HJ67 的 S6 和 S8 的响应值显著高于早生新水和 HJ18 的, 说明 HJ67 的甲烷和乙醇含量较高, 可能与果实偏酸有关; HJ67 的 S2 和 S7 响应值显著高于 HJ18 的, 与早生新水的无显著性差异。3 个砂梨品种果实挥发性物质种类受冷藏时间影响较大, 但研究未对果实挥发性物质进行定量测定, 后续可结合电子鼻技术和 GC-MS 技术开展特征挥发性物质的研究工作。

3 结论

试验表明, 沪晶梨 18 和早生新水为典型的果糖积累型, 沪晶梨 67 为山梨醇积累型, 3 个品种梨均为苹果酸积累型。冷藏期间, 沪晶梨 67 可较好地保持果实质地, 含有较高的葡萄糖、山梨醇、总糖、可滴定酸、苹果酸, 贮藏风味浓郁, 耐贮性佳; 沪晶梨 18 果皮特性、紧实度和脆性优于早生新水, 拥有较高的果糖、苹果酸含量和果糖/总糖, 可保持较高的甜酸度, 贮藏风味浓郁; 早生新水易软化, 可滴定酸含量呈急剧下降, 不耐贮。早生新水和沪晶梨 67 梨果实挥发性化合物发生了明显变化, 特别是氮氧化合物、甲烷、硫化物、乙醇等挥发性化合物。综上, 早生新水易软化, 风味易失调, 不耐贮藏, 安全冷藏期为 30 d; 沪晶梨 18 带皮硬度、紧实度和脆性优于早生新水, 拥有较高的果糖、苹果酸含量和果糖/总糖, 贮藏风味佳, 安全冷藏期为 40 d; 沪晶梨 67 可保持较高的果实质地特性, 糖酸含量高, 贮藏风味浓郁, 安全冷藏期为 60 d。后续可结合电子鼻技术和 GC-MS 技术, 对受贮藏时间和贮藏条件影响较大的挥发性物质进行定性和定量分析, 以筛选特征挥发性物质。

参考文献

- [1] 路军, 许苏梅, 练雪兴, 等. 早熟、优质砂梨新品种‘早生新水’[J]. 园艺学报, 2006, 33(1): 212.
LUO J, XU S M, LIAN X X, et al. An early maturity and high quality new variety of Asian pear 'Zaosheng Xinshui'[J]. Acta Horticulturae Sinica, 2006, 33(1): 212.
- [2] 王晓庆, 路军, 施春晖, 等. 早熟砂梨新品种‘沪晶梨 18 号’的选育[J]. 果树学报, 2021, 38(7): 1 201-1 203.
WANG X Q, LUO J, SHI C H, et al. A new early-ripening pear cultivar 'Hujingli 18'[J]. Journal of Fruit Science, 2021, 38(7): 1 201-1 203.
- [3] 王晓庆, 路军, 施春晖, 等. 早熟砂梨新品种‘沪晶 67 号’的选育[J]. 果树学报, 2018, 35(S1): 166-168.
WANG X Q, LUO J, SHI C H, et al. A new early-ripening pear cultivar 'Hujingli 67'[J]. Journal of Fruit Science, 2018, 35(S1): 166-168.
- [4] 周慧娟, 叶正文, 路军, 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 H J, YE Z W, LUO J, et al. Effect of controlled-atmosphere on storage quality of 'Zaoshengxinshui' pear[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2018, 34(28): 143-152.
- [5] 孙希生, 王文辉, 李志强, 等. 1-MCP 对砀山酥梨保鲜效果的影响[J]. 保鲜与加工, 2001(6): 14-17.
SUN X S, WANG W H, LI Z Q, et al. Effects of 1-MCP on cold storage of Dangshansuli pears[J]. Storage and Process, 2001(6): 14-17.
- [6] 闫根柱, 李建华, 王春生, 等. 日韩梨贮藏保鲜技术研究与应用进展[J]. 保鲜与加工, 2007, 41(4): 4-6.
YAN G Z, LI J H, WANG C S, et al. Research of fresh-storage technology for Japan-corea pear and its utilization development[J]. Storage and Process, 2007, 41(4): 4-6.
- [7] SU M S, ZHANG B, YE Z W, et al. Pulp volatiles measured by an electronic nose are related to harvest season, TSS concentration and TSS/TA ratio among 39 peaches and nectarines [J]. Scientia Horticulturae, 2013, 150: 146-153.
- [8] 李丽娜, 赵武奇, 曾祥源, 等. 苹果的质构与感官评定相关性研究[J]. 食品与机械, 2017, 33(6): 37-45.
LI L N, ZHAO W Q, ZENG X Y, et al. Correlation between texture and sensory evaluation of apple[J]. Food & Machinery, 2017, 33(6): 37-45.
- [9] 胡红菊, 陈启亮, 王友平, 等. 4 个砂梨品种果实发育过程中主要糖酸含量的变化 [J]. 华中农业大学学报, 2007, 26(2): 251-255.
HU H J, CHEN Q L, WANG Y P, et al. Changes in contents of sugar and acid during fruit development of four sand pears[J]. Journal of Huazhong Agricultural University, 2007, 26(2): 251-255.
- [10] 牛佳佳, 张四普, 张柯, 等. 9 个梨品种综合品质评价分析[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(17): 149-156.
NIU J J, ZHANG S P, ZHANG K, et al. Comprehensive quality evaluation and analysis of nine pear varieties[J]. Food Research and Development, 2021, 42(17): 149-156.
- [11] 刘松忠, 刘军, 张媛, 等. 不同成熟期白梨品种糖酸质量分数及风味评价[J]. 西北农业学报, 2015, 24(1): 97-102.
LIU S Z, LIU J, ZHANG Y, et al. Mass fraction of sugar and acid and flavor index of pear cultivars (Pyrus bretschneideri) at different ripening stages[J]. Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica, 2015, 24(1): 97-102.
- [12] 姚改芳, 张绍铃, 吴俊, 等. 10 个不同系统梨品种的可溶性糖与有机酸组分含量分析[J]. 南京农业大学学报, 2011, 34(5): 25-31.
YAO G F, ZHANG S L, WU J, et al. Analysis of components and contents of soluble sugars and organic acids in ten cultivars of pear by high performance liquid chromatography[J]. Journal of Nanjing Agricultural University, 2011, 34(5): 25-31.
- [13] HUDINA M, ŠTAMPAR F. Sugars and organic acids contents of European (Pyrus communis L.) and Asian (Pyrus serotina Rehd.) pear cultivars[J]. Acta Aliment, 2000, 29(3): 217-230.
- [14] 蒋爽, 岳晓燕, 滕元文, 等. 不同砂梨果实中糖酸含量及代谢

- 相关基因表达分析[J]. 果树学报, 2016, 33(S1): 65-70.
- JIANG S, YUE X Y, TENG Y W, et al. The contents of sugars and acids, and the expression analysis of metabolism-associated genes in fruit of *Pyrus pyrifolia*[J]. Journal of Fruit Science, 2016, 33(S1): 65-70.
- [15] 张燕子. 不同苹果糖酸组成及苹果酸转运体功能研究[D]. 咸阳: 西北农林科技大学, 2010: 72-73.
- ZHANG Y Z. Study on different composition of malic acid and function of malic acid transporter[D]. Xianyang: Northwest A & F University, 2010: 72-73.
- [16] 靳志飞, 杨家全, 陈红, 等. 八个贵州地方桃品种果实甜酸风味品质分析[J]. 植物科学学报, 2015, 33(1): 90-97.
- JIN Z F, YANG J Q, CHEN H, et al. Analysis of sweet and sour flavor in eight local peach cultivars from Guizhou and evaluation of their flavor quality [J]. Plant Science Journal, 2015, 33(1): 90-97.
- [17] 李艳萍, 牛建新, 陈清. 桃果实中糖酸物质代谢的影响因素研究进展[J]. 中国农学通报, 2007, 23(8): 212-216.
- LI Y P, NIU J X, CHEN Q. Review on the factors to influence on the metabolism of sugar and acid in peach fruit [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2007, 23(8): 212-216.
- [18] RAPPARINI F, PREDIERI S. Pear fruit volatiles[J]. Horticultural Reviews, 2010, 28: 237-324.
- [19] 王颖, 张文君, 李慧冬, 等. 金川雪梨和秦酥挥发性芳香物质的 SPME-GC-MS 分析 [J]. 食品研究与开发, 2020, 41(1): 160-166.
- WANG Y, ZHANG W J, LI H D, et al. Analysis of SPME-GC-MS on volatile aromatic compounds of Jinchuanxue pear and Qinsu[J]. Food Research and Development, 2020, 41(1): 160-166.
- [20] CORRADO D N, ANTONELLA M, EUGENIO M, et al. Electronic nose based investigation of the sensorial properties of peaches and nectarines[J]. Sensors and Actuators B, 2001, 77(1): 561-566.
- [21] 闫子茹, 岳盈肖, 赵江丽, 等. 基于电子鼻分析 1-MCP 对‘香红’梨后熟进程的影响[J]. 食品工业科技, 2021, 42(4): 271-276.
- YAN Z R, YUE Y X, ZHAO J L, et al. Effect of 1-MCP on the ripening process of 'Xianghong' pears base on the electronic nose analysis[J]. Science and Technology of Food Industry, 2020, 41(3): 246-258.
- [22] 赵策, 马飒飒, 张磊, 等. 基于电子鼻技术的皇冠梨腐败等级分类研究[J]. 食品工业科技, 2020, 41(3): 246-258.
- ZHAO C, MA S S, ZHANG L, et al. Research on classification of rotten grades of Huangguan pears on electronic nose technology[J]. Science and Technology of Food Industry, 2020, 41(3): 246-258.
- [23] HUI G H, WU Y L, YE D D, et al. Study of peach freshness predictive method based on electronic nose[J]. Food Control, 2012, 28(1): 25-32.
- [24] 严娟, 蔡志翔, 张明昊, 等. 利用电子鼻评价桃果实香气[J]. 植物遗传资源学报, 2021, 22(1): 274-282.
- YAN J, CAI Z X, ZHANG M H, et al. Evaluation of aroma in peach fruit by electronic nose [J]. Journal of Plant Genetic Resources, 2021, 22(1): 274-282.
- [25] 李国鹏, 贾惠娟, 李红旭, 等. 利用电子鼻对不同梨品种进行区分的初步研究[J]. 浙江农业学报, 2011, 23(5): 1 029-1 033.
- LI G P, JIA H J, LI H X, et al. A preliminary study on differentiation of pear cultivars using electronic nose [J]. Acta Agriculturae Zhejiangensis, 2011, 23(5): 1 029-1 033.
- [26] 周慧娟, 乔勇进, 王海宏, 等. 低温对“大团蜜露”水蜜桃保鲜效果的影响[J]. 制冷学报, 2009, 30(5): 41-44.
- ZHOU H J, QIAO Y J, WANG H H, et al. Effects of different low temperatures on fresh-keeping in "Datuanmilu" peach[J]. Journal of Refrigeration, 2009, 30(5): 41-44.
- [27] 严娟, 蔡志翔, 马瑞娟, 等. 高效液相色谱搭载可变波长检测器测定桃果肉中糖组分 [J]. 江苏农业学报, 2015, 31(4): 887-892.
- YAN J, CAI Z X, MA R J, et al. Determination of sugar in peaches by high-performance liquid chromatography with variable wavelength detector[J]. Jiangsu J of Agr Sci, 2015, 31(4): 887-892.
- [28] 周慧娟, 叶正文, 王戈, 等. 采前套袋对黄肉桃货架期果皮超微结构的影响[J]. 果树学报, 2016, 33(8): 1 000-1 006.
- ZHOU H J, YE Z W, WANG G, et al. Effect of preharvest bagging on ultrastructural changes of yellow-peach pericarp during shelf-life[J]. Journal of Fruit Science, 2016, 33(8): 1 000-1 006.
- [29] 程玉豆, 张亚光, 关军锋, 等. 1-MCP 和延迟冷藏对‘早红考密斯’梨货架期间品质和软化相关基因表达的影响[J]. 中国农业科学, 2020, 53(22): 4 658-4 666.
- CHENG Y D, ZHANG Y G, GUAN J F, et al. Effects of 1-MCP and delayed cold-storage on quality and expression of softening related genes in 'Doyenne du comice' pear during shelf life[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2020, 53(22): 4 658-4 666.
- [30] 庄晓红, 刘声远, 马岩松, 等. 常温条件下南果梨主要营养成分及其变化规律的研究[J]. 保鲜与加工, 2008, 45(2): 34-37.
- ZHUANG X H, LIU S Y, MA Y S, et al. Study on nutritional composition and regulation of change of Nanguo pear at normal temperature[J]. Storage and Process, 2008, 45(2): 34-37.
- [31] ZHAO J B, JIANG Q, GUO J Y, et al. Flavor quality identification and cultivar selection of peach[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2007(6): 165-168.
- [32] 霍月青, 胡红菊, 彭抒昂, 等. 砂梨品种资源有机酸含量及发育期变化[J]. 中国农业科学, 2009, 42(1): 216-223.
- HUO Y Q, HU H J, PENG Y A, et al. Contents and changes of organic acid in sand pears from different germplasm resources[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2009, 42(1): 216-223.
- [33] 李树玲, 黄礼森. 不同种内梨品种果实糖、酸含量分析比较[J]. 中国果树, 1995(3): 9-12.
- LI S L, HUANG L S. The content of sugar and acid in different *Pyrus* cultivars[J]. China Fruit, 1995(3): 9-12.