

采后不同时间压差预冷对水蜜桃货架品质和香气成分的影响

安容慧, 陈兴开, 常子安, 任紫烟, 张婕, 连欢, 贾连文, 杨相政

Effect of Forced-air Pre-cooling at Different Postharvest Time on Shelf Quality and Aroma Components of Honey Peach

AN Ronghui, CHEN Xingkai, CHANG Zi'an, REN Ziyang, ZHANG Jie, LIAN Huan, JIA Lianwen, and YANG Xiangzheng

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2023060148>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

低温减压贮藏对“川中岛”水蜜桃保鲜效果的影响

The preservation effects of low temperature and hypobaric storage on “Chuan Zhongdao” peach

食品工业科技. 2018, 39(7): 267-270 <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2018.07.048>

天然复合水蜜桃果汁配方优化及超高压对果汁品质的影响

Formula Optimization of Natural Compound Honey Peach Juice and the Effects of High Hydrostatic Pressure on Its Quality

食品工业科技. 2021, 42(6): 151-158,165 <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2020050302>

真空预冷对鲜食莲子采后贮藏品质的影响

Effect of Vacuum Pre-cooling on Postharvest Storage Quality of Fresh Lotus Seeds

食品工业科技. 2021, 42(13): 331-337 <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2020100210>

真空冷冻干燥不同品种水蜜桃片品质评价

Quality Evaluation of Different Varieties Peach Slices by Vacuum Freeze-drying

食品工业科技. 2019, 40(1): 17-22 <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2019.01.004>

1-MCP处理对库尔勒香梨货架期香气成分及品质的影响

Effects of 1-MCP Treatment on Aroma Components and Quality of Korla Fragrant Pear Fruits during Shelf Life

食品工业科技. 2018, 39(18): 230-237 <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2018.18.040>

真空预冷澳芒及其对贮藏品质的影响

Effect of vacuum pre-cooling treatment on storage quality of Australia Mango

食品工业科技. 2017(03): 326-330 <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2017.03.055>



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

安容慧, 陈兴开, 常子安, 等. 采后不同时间压差预冷对水蜜桃货架品质和香气成分的影响 [J]. 食品工业科技, 2024, 45(9): 317-324. doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2023060148

AN Ronghui, CHEN Xingkai, CHANG Zi'an, et al. Effect of Forced-air Pre-cooling at Different Postharvest Time on Shelf Quality and Aroma Components of Honey Peach[J]. Science and Technology of Food Industry, 2024, 45(9): 317-324. (in Chinese with English abstract). doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2023060148

· 贮藏保鲜 ·

采后不同时间压差预冷对水蜜桃货架品质和香气成分的影响

安容慧¹, 陈兴开², 常子安², 任紫烟¹, 张 婕¹, 连 欢¹, 贾连文¹, 杨相政^{1,*}

(1. 中华全国供销合作总社济南果品研究所, 山东济南 250220;

2. 松下电器(中国)有限公司, 北京 100020)

摘要: 为研究在冷链流通条件下, 采后不同时间压差预冷对水蜜桃常温货架品质的影响, 以‘早生’水蜜桃为试材, 分别将 2 组水蜜桃在采后 3 h 和 6 h 进行压差预冷, 然后经 5 °C 运输 12 h 和 5 °C 配送 12 h 后, 置于 25 °C 下模拟货架贮藏 5 d。观察货架期间水蜜桃的品质变化并进行感官评定, 测定并分析水蜜桃的失重率、腐烂率、色差值、硬度、脆性、可溶性固形物、可滴定酸、抗坏血酸 (V_C)、总酚含量和香气成分的变化。结果表明: 采后 6 h 预冷对水蜜桃货架品质的影响并不明显, 而采后 3 h 预冷可维持水蜜桃较高的外观品质, 显著降低了水蜜桃的腐烂率, 抑制了 L^* 值的下降, a^* 值的升高 ($P < 0.05$), 维持较高的可溶性固形物、可滴定酸、 V_C 和总酚的含量, 减缓了果实清香型香气成分含量的下降及花香型和果香型香味成分含量的升高, 进而延缓水蜜桃的后熟衰老。因此, 在水蜜桃生产中采后宜在 3 h 内快速进行预冷, 可提高水蜜桃的品质, 有效延长货架期。

关键词: 水蜜桃, 压差预冷, 品质, 香气成分

中图分类号: TS255.3

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2024)09-0317-08

DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2023060148



本文网刊:

Effect of Forced-air Pre-cooling at Different Postharvest Time on Shelf Quality and Aroma Components of Honey Peach

AN Ronghui¹, CHEN Xingkai², CHANG Zi'an², REN Ziyuan¹, ZHANG Jie¹, LIAN Huan¹,
JIA Lianwen¹, YANG Xiangzheng^{1,*}

(1. Jinan Fruit Research Institute, All China Federation of Supply and Marketing Cooperatives, Jinan 250220, China;

2. Panasonic Electric (China) Co., Ltd., Beijing 100020, China)

Abstract: To investigate the effects of forced-air pre-cooling at different postharvest intervals on the shelf quality of honey peaches under cold chain circulation conditions, a study was conducted using ‘Zaosheng’ honey peaches as the experimental material. The experiment comprised of two groups: One group of honey peaches underwent forced-air pre-cooling 3 hours after harvest, while the other group underwent pre-cooling 6 hours after harvest. Following pre-cooling, the honey peaches were transported at a low temperature 5 °C for 12 hours, followed by an additional 12 hours of low-temperature delivery. Subsequently, the honey peaches were stored on simulated shelves at 25 °C for 5 days. The quality changes of honey peaches during shelf life were observed and sensory evaluation was carried out. The weight loss rate, decay rate, color difference, hardness, brittleness, soluble solid, titratable acid, V_C , total phenol content and aroma components of honey peaches were measured and analyzed. The results indicated that the effect of pre-cooling at 6 hours after harvest on the shelf quality of honey peaches was found to be insignificant. Conversely, pre-cooling at 3 hours after harvest demonstrated significant benefits in terms of maintaining higher appearance quality and sensory scores of honey

收稿日期: 2023-06-14

基金项目: 山东省重点研发计划(重大科技创新工程)项目(2021CXGC010809)。

作者简介: 安容慧(1994-),女,硕士,助理研究员,研究方向:果蔬贮藏保鲜与品质调控技术研究,E-mail: anronghui827@163.com。

* 通信作者: 杨相政(1988-),男,硕士,副研究员,研究方向:果蔬贮藏保鲜技术研究,E-mail: yangxiangzheng318@163.com。

peaches. It also notably reduced the decay rate, inhibited the decline in L^* value and the increase in a^* value ($P < 0.05$), and preserved higher levels of soluble solid, titratable acid, V_C , and total phenol content. Furthermore, it hindered the decrease of fragrance aroma components and the increase of fragrance components of flowers and fruits. Thereby delaying the post-ripening and aging of honey peaches. In conclusion, for optimal honey peaches production, it is recommended to implement prompt pre-cooling within 3 hours after harvest. This practice can enhance the quality of honey peaches during their shelf life and extend their overall longevity.

Key words: honey peach; forced-air pre-cooling; quality; aroma components

水蜜桃(*Prunus persica* L.)作为呼吸跃变型果实,皮薄汁多,糖分含量高,在采收及流通过程中极易出现碰撞损伤,加之其采收时节集中在盛夏7~8月,环境温度高,导致果实采后带有较高的田间热,呼吸强度高,加快了果实的生理代谢活动,从而加速水蜜桃软化、霉变,使其失去营养和商品价值^[1-2]。

预冷可以快速去除果实田间热,有效地抑制呼吸作用,降低腐烂率,减缓果实后熟衰老,从而延长其货架期。目前,水蜜桃采后通常采用冷库预冷,但存在冷却不均匀、耗费时间长和失重率大等缺点,影响了果蔬在流通和货架期的品质^[3-4]。与冷库预冷相比,压差预冷可以显著地提高预冷效率^[5]。压差预冷是利用差压风机在包装箱两侧产生压力差,使冷空气与果蔬充分接触换热,达到快速降温的目的^[6]。其优点是效率高,投资低,冷却均匀,因而近些年被广泛的应用于果蔬采后的快速预冷。除了预冷方式外,采后预冷的时间也会对最终果实贮藏品质产生影响。采后预冷不及时会降低果蔬的鲜度、品质和风味^[7-8]。与普通冷库预冷相比,产地压差预冷显著地缩短了采收距离预冷的时间,并可以提高油桃的贮运品质和抗氧化性^[9]。类似的研究指出,对采后桃果实提前进行快速预冷处理有利于减轻果实在后续因遭受挤压机械伤所导致的品质劣变和腐烂损耗,提高果实商品性^[10]。但由于水蜜桃集中上市产量大,限制了其采后预冷时间,且目前未见压差预冷技术对采后水蜜桃经由冷链运输后进入货架销售过程中其品质变化特性的研究,因而研究压差预冷及合适的采收与预冷时间间隔对水蜜桃货架品质的影响具有一定的意义。

基于此,本研究以水蜜桃为试材,研究在冷链流通条件下采后不同时间压差预冷对水蜜桃常温货架销售过程中品质及香气成分变化的影响,以期为采后水蜜桃采后预冷及保鲜处理提供理论与技术支持。

1 材料与方

1.1 材料与仪器

早生水蜜桃 采摘自江苏省溧水基地,采后挑选大小一致、颜色和硬度相近、无机械损伤和病虫害的桃果实作为试材;乙醇 分析纯,天津市富宇精细化工有限公司;三氯乙酸、福林酚 上海麦克林生化科技有限公司;氢氧化钠、碳酸钠、没食子酸、酚酞、硫代巴比妥酸 分析纯,国药集团化学试剂有限公司;2-辛醇、 $C_7 \sim C_{30}$ 正构烷烃混合物 色谱纯,美国Sigma-Aldrich公司。

HP 200 色差仪 上海汉谱光电科技有限公司; TA.XT Plus C 物性测试仪 英国 Stable Micro Systems 公司; L3-C72 打浆机 九阳股份有限公司; PAL-1 手持折光仪 ATAGO(爱拓)中国分公司; 碱式滴定管和微量滴定管 普兰德(上海)贸易有限公司; FlavourSpec® 气相离子迁移谱联用仪 德国 G.A.S.公司; 压差预冷机 松下(电器)有限公司; UV-1800 紫外分光光度计 上海美谱达仪器有限公司。

1.2 实验方法

将水蜜桃果实装入两侧开孔的泡沫箱中,每箱24个果实。将其放于标准托盘上,沿着垂直于风箱正面的方向纵向紧密排列码垛,在中央留出吸风通道,盖上帆布挡风卷帘,形成抽风箱式的压差隧道,保

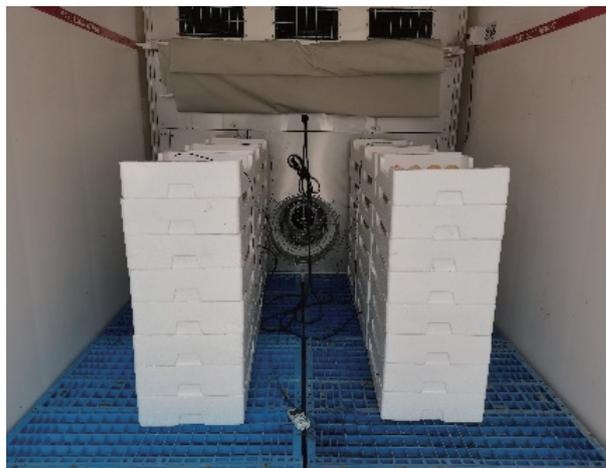


图1 压差预冷示意图

Fig.1 Schematic diagram of forced-air pre-cooling

证冷风从包装箱侧面进入。单次压差预冷处理为 48 箱,码垛为 3 排 8 层 2 列(图 1)。预冷风速控制为 1.5 m/s,温度设定为 0~2 ℃。

试验分为 3 组:对照组(CK):不进行压差预冷;预冷组分为 2 组,分别在采后 3 h 和 6 h 进行预冷,预冷至终温 4 ℃(根据实际生产流程设定采后时间)。预冷结束后将果实套上泡沫网套,随后装车低温(5±1)℃ 运输 12 h,模拟低温(5±1)℃ 配送 12 h,在(25±1)℃,RH 80%~90% 模拟常温货架销售 5 d。

3 组处理均设 3 次重复,货架期间每天取样,固定 5 箱果实用于失重率和腐烂率的统计,每天随机取 48 个果实,其中 20 个果实用于感官评价,另外 28 个果实用于测定相应指标,香气成分测定 0、2 和 5 d。

1.3 测定指标和方法

1.3.1 失重率 采用称重法进行测定。

失重率(%) =

$$\frac{\text{果实初始的重量} - \text{果实贮藏后的重量}}{\text{果实初始的重量}} \times 100$$

1.3.2 腐烂率 采用统计法测定。出现单个病斑(碰伤)直径 ≥ 1 cm 或 2 个以上病斑(碰伤)的果实记为腐烂果,进行腐烂率统计。

$$\text{腐烂率}(\%) = \frac{\text{腐烂果实数量}}{\text{果实的总数量}} \times 100$$

1.3.3 色泽 采用色差计对水蜜桃货架期的色差 L^* 值和 a^* 值进行测定。其中 L^* 值表示亮度; a^* 值表示红绿度。每个处理测定 28 个果实,测定果实阴阳两面,结果取平均值。

1.3.4 硬度和脆性 采用物性测试仪测定每个果实的阴阳两面,记录水蜜桃的硬度和脆性。设定参数:探头为 P2,测前速度为 1.0 mm/s,测中速度为 2.0 mm/s,测后速度为 10.0 mm/s,位移为 10.0 mm,触发力为 10.0 g^[11]。

1.3.5 可溶性固形物 采用手持折光仪测定。选取 28 个果实,取每个果实的 1/4 份(竖切),用纱布挤汁测定。

1.3.6 可滴定酸 参考 Marsh 等^[12] 的方法,略有改动。使用氢氧化钠滴定法测定果实的可滴定酸含量,根据 NaOH 滴定液消耗量,计算可滴定酸含量,以质

量分数(%)表示。

1.3.7 总酚 参考 Ghasemnezhad 等^[13] 的方法,略有改动。称取 0.5 g 样品,加 4.0 mL 60% 的乙醇后 10000×g 离心 20 min。取 0.1 mL 上清液,加 0.3 mL 福林酚试剂,在 25 ℃ 下反应 3 min,再加入 1.0 mL 饱和 Na₂CO₃,25 ℃ 下反应 1 h 后于 760 nm 处测定吸光度。以没食子酸作标准曲线,计算总酚含量。

1.3.8 抗坏血酸 抗坏血酸含量的测定采用 2,6-二氯靛酚滴定法^[14]。使用 2,6-二氯靛酚滴定液测定果实的抗坏血酸含量,根据 2,6-二氯靛酚滴定液消耗量,计算抗坏血酸含量,以质量分数(%)表示。

1.3.9 香气成分 香气成分的测定参考于怀智等^[15] 的方法。取 2.5 g 研磨后的样品置于 20 mL 顶空瓶中。顶空进样条件:顶空孵化温度 40 ℃;孵化时间 15 min;加热方式振荡加热;顶空进样针温度 85 ℃;进样量 500 μL,不分流模式;载气为高纯 N₂(纯度 ≥ 99.999%)。GC-IMS 条件:色谱柱温度 40 ℃;运行时间 20 min;载气高纯 N₂(纯度 ≥ 99.999%);初始流速 5.0 mL/min,保持 10 min 后在 5 min 内线性增至 150 mL/min。漂移管长度 5 cm;管内线性电压 400 V/cm;漂移管温度 40 ℃;漂移气(高纯 N₂,纯度 ≥ 99.999%);流速 150 mL/min;IMS 探测器温度 45 ℃。

1.3.10 感官评定 感官评价采用观察品尝法。由 10 人组成的品评小组对桃子(每个处理随机取 20 个)的色泽、风味、质地、褐变和腐烂进行评定,每项满分 20,总计 100 分。评分标准见表 1。

1.4 数据处理

所有数据平行测定 3 次,数据采用平均值±标准误差,使用 SPSS 24.0 软件的 Duncan 法进行多重比较($P < 0.05$ 为差异显著),用 Origin 2021 软件作图,利用气相离子迁移谱中 Gally Plot 插件进行指纹图谱比对。

2 结果与分析

2.1 采后不同时间压差预冷对水蜜桃外观品质的影响

水蜜桃质地柔软在运输过程极易出现磕碰伤。从图 2 可以看出,在货架期前 2 d,各组均有部分果实的边缘有轻微的碰压伤。3 d 时对照组水蜜桃边缘逐渐褐变,货架 4~5 d 时伴有果心褐变的发生,严重失去食用价值;采后 6 h 预冷的水蜜桃在货架

表 1 感官评定标准

Table 1 Sensory evaluation standard

评定指标	标准
色泽	20~16分:色泽鲜艳;15~11分:色泽较鲜艳;10~6分:色泽暗淡;5~0分:色泽较差或无果实色泽。
风味	20~16分:风味浓郁,味美多汁;15~11分:风味较浓,果汁丰富;10~6分:有风味,口感果汁较少;5~0分:风味淡,果汁很少。
质地	20~16分:脆;15~11分:较脆;10~6分:稍软;5~0分:软。
褐变	20~16分:无褐变;15~11分:轻微褐变,褐变面积10%以下;10~6分:褐变明显,褐变面积10%~20%,有一定商品价值;5~0分:褐变面积20%~30%,无商品价值。
腐烂	20~16分:无腐烂;15~11分:轻微腐烂,腐烂面积10%以下;10~6分:腐烂明显,腐烂面积10%~20%,有一定商品价值;5~0分:腐烂面积20%~30%,无商品价值。

4 d 时也出现了明显的褐变现象, 5 d 时果心褐变加重; 而采后 3 h 预冷的水蜜桃在货架第 5 d 才出现明显的褐变现象。可见, 压差预冷可以减缓水蜜桃的褐变发生, 维持较高的品质。

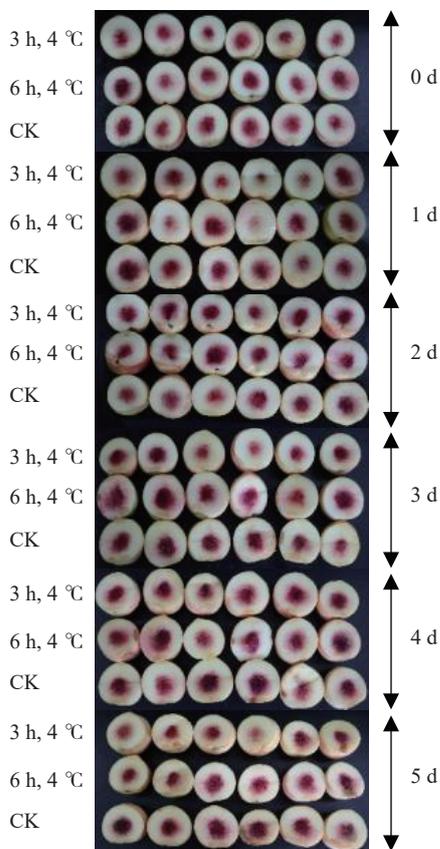


图2 采后不同时间压差预冷对水蜜桃外观品质影响
Fig.2 Effect of forced-air pre-cooling at different postharvest time on appearance quality of honey peach

2.2 采后不同时间压差预冷对水蜜桃腐烂率和失重率的影响

由于水蜜桃果皮薄, 质地软, 在采后流通及配送过程中极易出现损伤, 导致其在常温货架期间腐烂严重。图 3A 可以看出, 在经贮藏和模拟配送结束后, 未经预冷的果实腐烂率已经达到 5.00%, 而在采后 6 h 进行预冷的果实腐烂率仅为 0.83%, 而 3 h 时预冷的果实完全没有出现腐烂。在整个货架期间, 对照组和采后 6 h 预冷的水蜜桃的腐烂率之间无显著性差异, 但显著高于采后 3 h 预冷组 ($P < 0.05$)。在第 5 d 时, 采后 3 h 预冷组腐烂率分别比对照组和采后 6 h 预冷组低 22.99% 和 20.24%。可见, 采后 3 h 进行压差预冷可以显著地减少水蜜桃的腐烂损耗。果实采后入库预冷间隔时间越短越利于减少果实腐烂率, 并延长货架寿命^[16]。而对于失重率, 如图 3B 所示, 随着货架期的延长, 水蜜桃失重率逐渐增加。但除了前 2 d 外, 整个货架期间, 3 组果实间均没有显著性差异 ($P > 0.05$)。可见, 水蜜桃采后无论是间隔 3 h 还是 6 h 预冷均不会引起严重的失重率。类似的张杏芝等^[17]研究表明, 桃果实采后迅速冷却至 4 °C

以下, 没有明显失重。综上, 采后 3 h 预冷可以显著地抑制货架期间水蜜桃的腐烂率, 但预冷不会对果实失重产生显著影响。

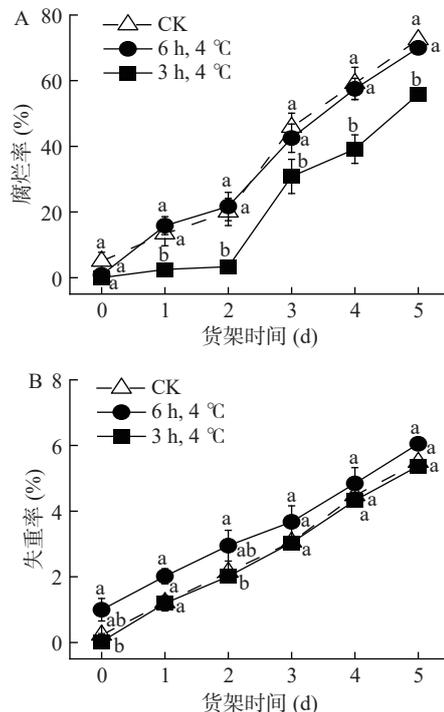


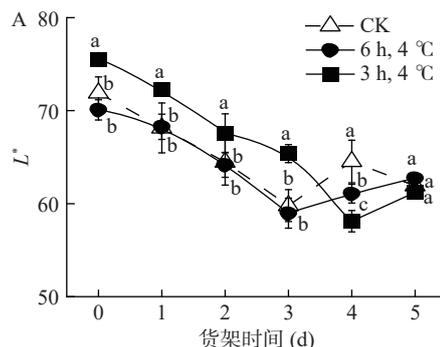
图3 采后不同时间压差预冷对水蜜桃腐烂率(A)和失重率(B)的影响

Fig.3 Effects of forced-air pre-cooling at different postharvest time on the decay rate (A) and weight loss rate (B) of honey peach

注: 图中不同小写字母表示同一时间不同处理组之间差异显著, $P < 0.05$, 图 4~图 7 同。

2.3 采后不同时间压差预冷对水蜜桃色泽的影响

色泽是判断果皮颜色变化的重要指标^[18]。随着货架时间的延长, 水蜜桃的色差 L^* 值(图 4A)呈逐渐下降的趋势, 后期稍有升高; a^* 值(图 4B)呈先升高再下降的趋势。在货架前期(0~3 d), 采后 3 h 预冷的水蜜桃 L^* 值显著高于对照组和采后 6 h 预冷组 ($P < 0.05$), 但对照组和采后 6 h 预冷组间无显著性差异 ($P > 0.05$)。在整个货架期间, 对照组和采后 6 h 预冷的水蜜桃 a^* 值始终高于采后 3 h 预冷组, 且在货架 2~4 d, 存在显著性差异 ($P < 0.05$); 而采后 3 h 预冷的水蜜桃 a^* 值的变化并不明显, 且始终处在较低水平, 在货架 3 d 时, 分别比对照组和采后 6 h 预冷组低



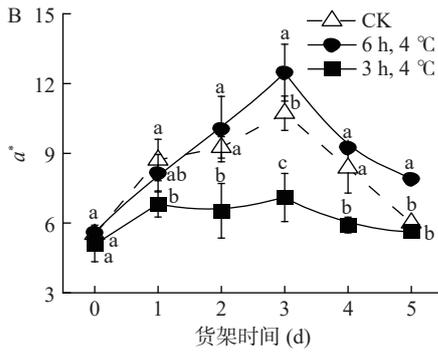


图 4 采后不同时间压差预冷对水蜜桃色差 L^* (A) 和 a^* (B) 值影响

Fig.4 Effects of forced-air pre-cooling at different postharvest time on the color difference L^* (A) and a^* (B) of honey peach

33.77% 和 43.06%。这可能是由于水蜜桃是套袋栽培的方式, 刚采摘时果皮颜色偏白, 随着水蜜桃的成熟, 果皮颜色逐渐转红^[19]。综上, 与对照组相比, 采后 6 h 预冷对果皮色泽的影响并不显著; 而采后 3 h 预冷可以减缓货架前期果皮亮度的下降, 色泽的转红, 说明采后 3 h 预冷可以减缓水蜜桃的后熟衰老。

2.4 采后不同时间压差预冷对水蜜桃硬度和脆性的影响

硬度是体现水果贮运强度的重要指标^[20]。在货架期第 1 d, 各处理组水蜜桃的硬度明显下降, 而在后期(2~5 d)下降明显变缓(图 5A)。在货架 0、2 和 4 d, 采后 3 h 预冷可以减缓水蜜桃硬度的下降, 尤其在第 2 d 时, 水蜜桃硬度(263.18 g)显著高于对照组 ($P<0.05$), 且分别比对照组和采后 6 h 预冷组高

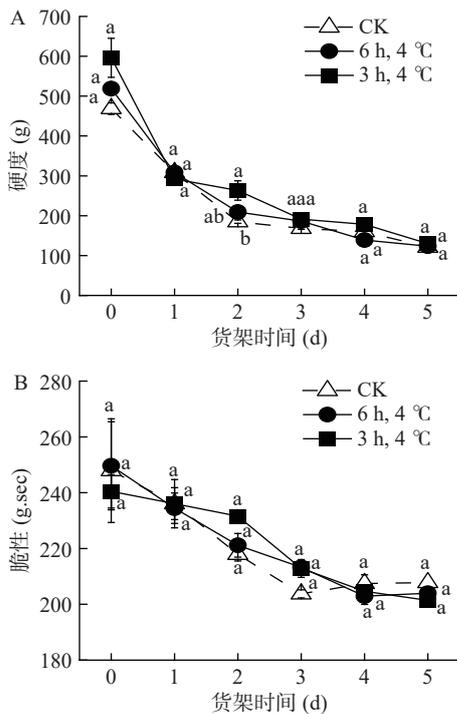


图 5 采后不同时间压差预冷对水蜜桃硬度(A)和脆性(B)影响

Fig.5 Effects of forced-air pre-cooling at different postharvest time on hardness (A) and brittleness (B) of honey peach

23.74% 和 20.44%。同样水蜜桃的脆性也随着货架时间的延长而逐渐下降, 在货架前 3 d 下降程度明显, 后期变化平缓维持在 213.24~201.40 g·sec(图 5B)。这可能是由于水蜜桃属软质桃, 采后经由流通和配送环节, 再到常温货架贮藏, 导致其硬度和脆性急剧下降。但在货架 1~3 d, 采后 3 h 预冷的水蜜桃可以维持相对较高的硬度和脆性。类似的研究指出, 采后桃果实快速入冷库预冷有利于维持果皮较高的硬度, 延缓品质劣变进程^[16]。

2.5 采后不同时间压差预冷对水蜜桃可溶性固形物和可滴定酸的影响

可溶性固形物是衡量果实主要营养物质含量及成熟度的一个重要指标。由图 6A 可看出, 在货架期间水蜜桃可溶性固形物含量呈波动升高-下降的趋势。从整体来看, 水蜜桃采后 3 h 进行压差预冷其可溶性固形物含量可维持在较高水平, 且在货架 1~2 d 显著高于采后 6 h 预冷组 ($P<0.05$), 在货架 2~3 d, 显著高于对照组 ($P<0.05$)。而未经预冷的果实和采后 6 h 预冷组在货架前期(0~3 d)可溶性固形物含量无显著性差异 ($P>0.05$)。可溶性固形物含量的高低会影响果实的风味和口感, 可溶性固形物含量越高, 口感越甜^[21]。可见, 与采后 6 h 预冷相比, 采后 3 h 预冷可以维持水蜜桃较高的可溶性固形物含量, 进而提升其口感。

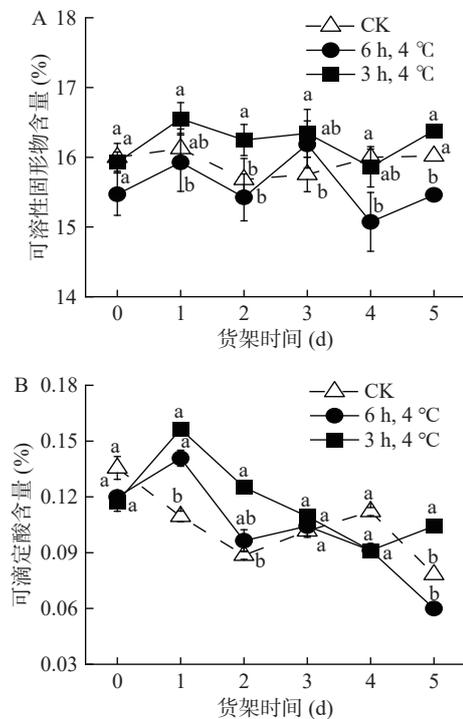


图 6 采后不同时间压差预冷对水蜜桃可溶性固形物(A)和可滴定酸(B)含量影响

Fig.6 Effects of forced-air pre-cooling at different postharvest time on the contents of soluble solids (A) and titratable acid (B) of honey peach

随着货架时间的延长, 对照组水蜜桃可滴定酸含量呈下降-上升-下降的趋势, 而采后 3 h 预冷和采

后 6 h 预冷的可滴定酸含量整体呈先上升再下降的趋势(图 6B)。在货架 0、3 和 4 d, 三组处理之间可滴定酸含量无显著差异($P>0.05$); 与对照组相比, 采后 6 h 预冷组可以减缓货架 1~3 d 水蜜桃可滴定酸含量的下降, 而采后 3 h 预冷组可以显著减缓货架期(1、2 和 5 d)水蜜桃可滴定酸含量的下降($P<0.05$)。说明压差预冷可以维持水蜜桃较高的可滴定酸含量, 采后快速(3 h 内)预冷对维持可滴定酸含量的降低有更显著的效果。而延时预冷对水蜜桃的品质没有明显影响, 如 Miguel-pintado 等^[22] 研究指出, 桃采后 24 h 再进行预冷处理对可滴定酸和商品寿命没有显著影响。可见, 采后应快速预冷才可延缓果实营养物质的流失。

2.6 采后不同时间压差预冷对水蜜桃 V_C 和总酚的影响

V_C 和酚类物质是植物中重要的抗氧化活性成分^[23-24]。随着货架期的延长, 水蜜桃中 V_C 含量显著下降(图 7A)。但在整个货架期间, 采后 3 h 预冷的水蜜桃 V_C 含量始终维持在相对较高的水平, 尤其在货架 1、2 和 4 d 显著高于对照组($P<0.05$), 分别比对照组高 13.48%、29.05% 和 25.00%; 而采后 6 h 预冷的果实 V_C 含量仅在第 2 d 显著高于对照组($P<0.05$), 其余时间段二者间并无显著差异。可见, 采后 3 h 进行压差预冷可以显著抑制水蜜桃 V_C 下降。

对于总酚而言, 如图 7B 所示, 随着货架期延长, 总酚含量呈先上升后下降的趋势。对照组和采后 6 h 预冷组在货架第 3 d 达到最大值, 而采后 3 h 预冷的果实延迟 1 d 达到最大值。从整体来看, 与对照组和采后 6 h 预冷处理组相比, 采后 3 h 预冷可以减缓总酚含量的消耗, 在货架 4 d 时, 采后 3 h 预冷分别比采后 6 h 预冷和对照组高 0.02 和 0.03 g/kg; 与对照组相比, 采后 6 h 预冷可以相对减缓货架中后期总酚含量的下降。可见, 采后 3 h 内预冷对水蜜桃总

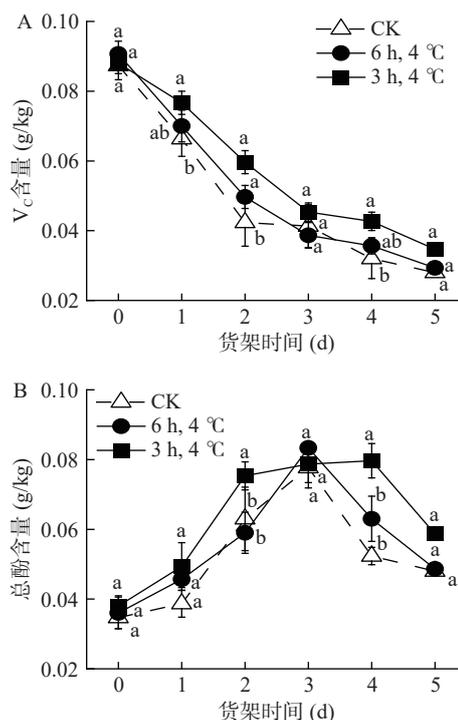


图 7 采后不同时间压差预冷对水蜜桃 V_C (A) 和总酚(B)含量影响

Fig.7 Effects of forced-air pre-cooling at different postharvest time on the contents of V_C (A) and total phenol (B) of honey peach

酚含量的维持有显著的作用效果。类似的李自芹等^[25] 研究发现, 1-MCP 结合预冷可延缓蟠桃总酚含量的下降速度, 进而延长果实新鲜品质的保质期。综上, 水蜜桃采后 3 h 预冷可以维持较高的总酚含量, 从而延长其货架期。

2.7 采后不同时间压差预冷对水蜜桃香气成分的影响

香气成分是果实风味的重要组成部分^[26]。目前, 在桃果实中已鉴定出 100 多种芳香挥发物质, 主要以青草香型挥发物(醇类、醛类)及花/果香型的酯类挥发物为主^[27-28]。图 8 为三组水蜜桃在常温货架

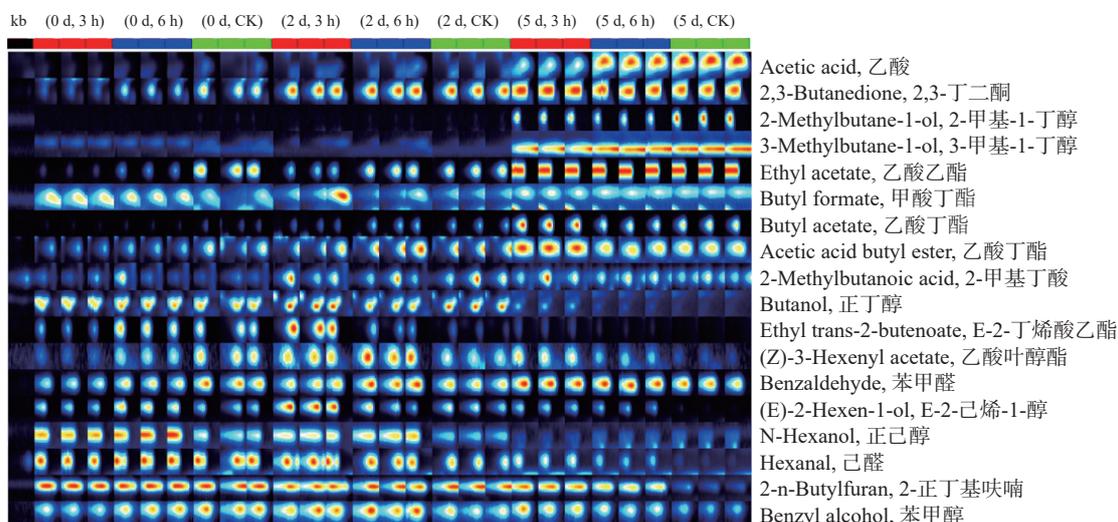


图 8 对照及压差预冷处理水蜜桃在货架 0、2 和 5 d 香气成分变化的指纹图谱

Fig.8 Fingerprint of aroma composition changes of control and forced-air pre-cooling treated honey peaches at 0, 2 and 5 d on shelves

第 0、2 和 5 d 香气成分变化的指纹图谱(kb 代表空白样品)。在该图谱中, 每一个点代表一种挥发性有机物, 颜色代表物质的浓度, 白色表示浓度较低, 红色表示浓度较高, 颜色越深表示浓度越大^[29]。在 3 组样品中共检测出 18 种主要香味物质, 包括 6 种醇、6 种酯、2 种醛、2 种酸、1 种酮和 1 种呋喃类化合物。于怀智等^[15]通过 GC-IMS 技术, 收集了 5 个不同产地不同品种的水蜜桃挥发性有机物气味指纹图谱, 鉴定出 15 种香味物质, 其中也是以酯类物质为主。随着货架时间的延长, 水蜜桃清香味(E-2-己烯-1-醇、己醛、正己醇、乙酸叶醇酯和苯甲醇^[30])浓度逐渐下降, 在货架期第 2 d 和 5 d, 与对照和采后 6 h 预冷组相比, 采后 3 h 预冷可以维持较高的果实清香味浓度; 水蜜桃的花香味(特征香气: 苯甲醛)则随着果实的成熟而逐渐升高, 后期随着果实品质的劣变而逐渐下降, 对照和采后 6 h 预冷组的果实在货架 0~2 d 花香味的浓度便达到了相对较高的水平随后逐渐下降, 而采后 3 h 预冷组明显减缓了花香味的升高速率, 并在第 5 d 才到达峰值; 从果实香味来看, 采后 3 h 预冷减缓了货架前期特征香气乙酸乙酯的升高, 这是由于未成熟的果实主要以产生青香型和醛香型气味物质为主, 成熟果实则释放出大量果香型化合物^[31]。综上, 与对照和采后 6 h 预冷组相比, 采后 3 h 预冷可以延缓水蜜桃清香味的下降, 果香味的升高, 进而延缓水蜜桃的成熟衰老, 延长货架期。

2.8 采后不同时间压差预冷对水蜜桃感官评价的影响

如图 9 所示, 随着货架期的延长, 水蜜桃的综合评分逐渐下降。在货架期第 1 d, 三组处理水蜜桃总体评分无显著差异($P>0.05$), 整体品质维持在较高水平; 到第 2 d 时, 对照和采后 6 h 预冷组感官评分显著下降($P<0.05$), 到第 4 d 时分别下降到 29.2 分和 34.3 分; 而在货架期前 4 d, 采后 3 h 预冷组始终维持在较高水平, 均大于 40.0 分。因此, 压差预冷可以减缓水蜜桃在货架期间整体品质的劣变, 且相较于采

后 6 h 预冷, 采后 3 h 预冷可以维持水蜜桃货架期间较高的感官评分。

3 结论

压差预冷可以减缓水蜜桃的品质劣变进程, 但水蜜桃采后 6 h 预冷对品质没有显著的影响, 而采后 3 h 预冷可以维持水蜜桃较高的外观品质, 显著降低水蜜桃的腐烂率, 抑制 L^* 值的下降, a^* 值的升高 ($P<0.05$), 维持较高的可滴定酸、可溶性固形物、 V_C 和总酚的含量, 减缓清香味成分浓度的下降及花香型和果香型香味成分浓度的升高, 维持较高的感官评分, 进而延缓水蜜桃的后熟衰老。综上所述, 水蜜桃采后 3 h 进行压差预冷可提高其货架期间的品质, 有效延长货架期。因而, 在水蜜桃生产中宜在采后 3 h 内快速进行预冷, 可达到较好的保鲜效果。

© The Author(s) 2024. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

参考文献

- [1] CANTIN C M, MORENO M A, GOGORCENA Y. Evaluation of the antioxidant capacity, phenolic compounds, and vitamin C content of different peach and nectarine (*Prunus persica* L. Batsch) breeding progenies[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2009, 57(11): 4586–4592.
- [2] ZHU Z, GENG Y, SUN D W. Effects of operation processes and conditions on enhancing performances of vacuum cooling of foods: A review[J]. *Trends in Food Science and Technology*, 2019, 85(3): 67–77.
- [3] THAKUR B. Advancement in harvesting, pre-cooling and grading of fruits[J]. *Innovare Journal of Agricultural Science*, 2016, 4(2): 13–23.
- [4] AMBAW A, MUKAMA M, OPARA U L. Analysis of the effects of package design on the rate and uniformity of cooling of stacked pomegranates: Numerical and experimental studies[J]. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2017, 136(15): 13–24.
- [5] 周慧娟, 叶正文, 苏明申, 等. 低温和差压式预冷对不同品种桃果实预冷性能的影响[J]. *保鲜与加工*, 2015, 15(1): 16–19. [ZHOU H J, YE Z W, SU M S, et al. Effects of low temperature and forced-air precooling on precooling performance of different varieties of peach fruits[J]. *Storage and Process*, 2015, 15(1): 16–19.]
- [6] 贺红霞, 申江, 朱宗升. 果蔬预冷技术研究现状与发展趋势[J]. *食品科技*, 2019, 44(2): 46–52. [HE H X, SHEN J, ZHU Z S. Research status and development trends on precooling technology of fruits and vegetables[J]. *Food Science and Technology*, 2019, 44(2): 46–52.]
- [7] 贾连文, 贾斌广, 王达, 等. 不同送风方式下樱桃压差预冷的数值模拟[J]. *保鲜与加工*, 2019, 19(5): 1–6. [JIA L W, JIA B G, WANG D, et al. Numerical simulation of pressure difference pre-cooling of cherry in different air supply modes[J]. *Storage and Process*, 2019, 19(5): 1–6.]
- [8] MARTINE-ROMERO D, CASTILIO S, VALERO D. Forced-air cooling applied before fruit handling to prevent mechanical damage of plums (*Prunus salicina* Lindl.)[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2003, 28(1): 135–142.
- [9] 焦旋, 高阳, 高振峰, 等. 压差预冷对油桃贮运品质及抗氧化

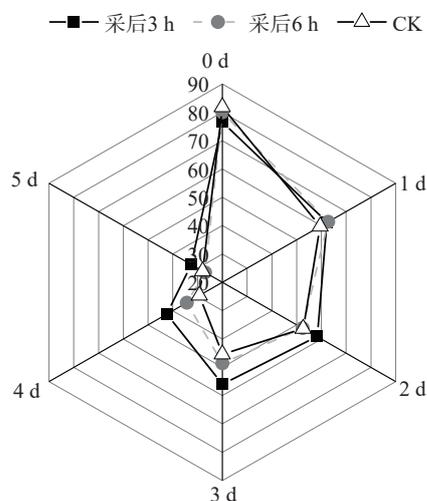


图 9 采后不同时间压差预冷对水蜜桃感官评价影响

Fig.9 Effect of forced-air pre-cooling at different postharvest time on sensory evaluation of honey peach

- 性的影响[J]. 食品与发酵工业, 2020, 46(22): 173-179. [JIAO X, GAO Y, GAO Z F, et al. Improving quality and antioxidant capacity of nectarine by forced-air precooling during storage and transportation[J]. Food and Fermentation Industries, 2020, 46(22): 173-179.]
- [10] 秦自强, 段愿, 吴清燕, 等. 不同预冷降温速度对减轻桃果实采后机械伤的影响[J]. 食品工业科技, 2023, 44(9): 362-370. [QIN Z Q, DUAN Y, WU Q Y, et al. Effects of different temperature changing rates during precooling on reducing mechanical damage of peach fruit after harvest[J]. Science and Technology of Food Industry, 2023, 44(9): 362-370.]
- [11] 陈兴开, 常子安, 连欢, 等. 产地预冷和冷链流通对红心火龙果贮藏品质的影响[J]. 中国果菜, 2022, 42(7): 1-7, 27. [CHEN X K, CHANG Z A, LIAN H, et al. Effects of precooling and cold chain circulation on storage quality of red pitaya[J]. China Fruit and Vegetable, 2022, 42(7): 1-7, 27.]
- [12] MARSH K, ATTANAYAKE S, WALKER S, et al. Acidity and taste in kiwifruit[J]. Postharvest Biology and Technology, 2003, 32(2): 159-168.
- [13] GHASEMNEZHAD M, SHERAFATI M, PAYYAST G A. Variation in phenolic compounds, ascorbic acid and antioxidant activity of five coloured bell pepper (*Capsicum annuum*) fruits at two different harvest times[J]. Journal of Functional Foods, 2011, 3(1): 44-49.
- [14] 国家卫生和计划生育委员会. GB 5009.86-2016 食品安全国家标准 食品中抗坏血酸的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017: 7-8. [National Health and Family Planning Commission. GB 5009.86-2016 National standards for food safety determination of ascorbic acid content in food[S]. Beijing: Standards Press of China, 2017: 7-8.]
- [15] 于怀智, 姜滨, 孙传虎, 等. 顶空气相离子迁移谱技术对不同产地水蜜桃的气味指纹分析[J]. 食品与发酵工业, 2020, 46(16): 231-235. [YU H Z, JIANG B, SUN C H, et al. Analysis of nectarine odor fingerprints based on headspace gas chromatography-ion mobility spectroscopy[J]. Food and Fermentation Industries, 2020, 46(16): 231-235.]
- [16] 赵晓芳, 王贵禧, 梁丽松, 等. 不同包装及延时预冷处理对模拟冷链储运及货架期间桃果实品质的影响[J]. 食品科学, 2009, 30(6): 275-278. [ZHAO X F, WANG G X, LIANG L S, et al. Effects of pre-cooling delay and different packaging treatments on quality of 'Bayuecui' peach fruits in model condition of cold-chain transportation and shelf-life[J]. Food Science, 2009, 30(6): 275-278.]
- [17] 张杏芝, 李梅. 不同温度处理对桃果品质及常温贮藏性的影响[J]. 湖北农业科学, 1996(4): 55-57. [ZHANG X Z, LI M. Effect of different temperature treatment on quality and normal temperature storage behavior of peach fruit[J]. Hubei Agricultural Science, 1996(4): 55-57.]
- [18] 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 Z H, WANG W H, JIA C S. Effects of carbon dioxide concentrations on the physiological indexes of 'Hongxiangsu' pears during shelf-life after controlled atmosphere storage[J]. Journal of Fruit Science, 2020, 37(10): 1562-1572.]
- [19] 田梦瑶, 周宏胜, 唐婷婷, 等. 外源蔗糖处理对采后桃果皮色泽形成的影响[J]. 食品科学, 2022, 43(1): 177-183. [TIAN M Y, ZHOU H S, TANG T T, et al. Effect of exogenous sucrose treatment on the peel coloration in postharvest peaches[J]. Food Science, 2022, 43(1): 177-183.]
- [20] 侯佳迪, 朱丽娟, 王军萍, 等. 1-MCP 处理期不同成熟度‘霞晖8号’桃果实贮藏中品质和生理生化特性的影响[J]. 食品工业科技, 2021, 42(17): 326-334. [HOU J D, ZHU L J, WANG J P, et al. Effect of 1-MCP on peach fruit quality and physio-biochemical characteristics of 'Xiahui 8' with different maturity during storage[J]. Science and Technology of Food Industry, 2021, 42(17): 326-334.]
- [21] 普红梅, 李雪瑞, 杨芳, 等. 不同采后处理对云南油桃和水蜜桃的贮藏保鲜效果对比[J]. 现代食品科技, 2020, 36(3): 120-126, 280. [PU H M, LI X R, YANG F, et al. Comparison of fresh-keeping effects of different post-harvest treatments on Yunnan nectarine and honey peach[J]. Modern Food Science and Technology, 2020, 36(3): 120-126, 280.]
- [22] MIGUEL-PINTADO C, VELARDO B M, LOZANO M R, et al. Forced-air precooling effect on quality of delayed cold stored stone fruit[J]. Acta Horticulturae, 2013, 1012(1012): 491-495.
- [23] DUAN W H, NGAFFO M F, LI W, et al. Alleviation of postharvest rib-edge darkening and chilling injury of carambola fruit by brassinolide under low temperature storage[J]. Scientia Horticulturae, 2022, 299(1): 111015.
- [24] 徐燕红. 1-MCP 处理对嵊州‘桃形李’果实品质、活性氧以及花色苷合成代谢的影响[D]. 杭州: 浙江工商大学, 2020: 21-25. [XU Y H. Effects of 1-MCP treatment on quality, antioxidative systems and anthocyanin biosynthesis in plum (*Prunus salicina* cv. Taoxingli) fruit[D]. Hangzhou: Zhejiang Gongshang University, 2020: 21-25.]
- [25] 李自芹, 唐湘桂, 郭慧静, 等. 不同预冷方式结合 1-MCP 处理对蟠桃冷藏品质的影响[J]. 包装与食品机械, 2023, 41(2): 14-19, 27. [LI Z Q, TANG X G, GUO H J, et al. Effects of different precooling methods combined with 1-MCP treatment on cold storage quality of flat peach[J]. Packaging and Food Machinery, 2023, 41(2): 14-19, 27.]
- [26] 王贵章, 王贵禧, 梁丽松, 等. 桃果实芳香挥发物及其生物合成研究进展[J]. 食品科学, 2014, 35(17): 278-284. [WANG G Z, WANG G X, LIANG L S, et al. Recent progress in research on the composition and synthesis of aroma volatiles in peach fruits[J]. Food Science, 2014, 35(17): 278-284.]
- [27] EDUARDO I, CHIETERA A G, BASSI D, et al. Identification of key odor volatile compounds in the essential oil of nine peach accessions[J]. Journal of the Science of Food Agriculture, 2010, 90(7): 1146-1154.
- [28] WANG Y J, YANG C X, LI S H, et al. Volatile characteristics of 50 peaches and nectarines evaluated by HP-SPME with GC-MS[J]. Food Chemistry, 2009, 116(1): 356-364.
- [29] CHEN J, TAO L, ZHANG T, et al. Effect of four types of thermal processing methods on the aroma profiles of acidity regulator-treated tilapia muscles using E-nose, HS-SPME-GC-MS, and HS-GC-IMS[J]. LWT-Food Science and Technology, 2021, 147(7): 111585.
- [30] SANCHEZ G, BESADA C, MARA L, et al. A non-targeted approach unravels the volatile network in peach fruit[J]. PLoS One, 2012, 7(6): 40526.
- [31] 邓健鸣. 桃子特征香气成分分析及香气相互作用研究[D]. 上海: 上海应用技术大学, 2021: 3-6. [DENG J M. Study on analysis of characteristic aroma compounds and aroma interaction of peach[D]. Shanghai: Shanghai Institute of Technology, 2021: 3-6.]