

不同保鲜处理对鹰嘴蜜桃贮藏品质的影响

汤梅¹, 罗洁莹², 张浣悠², 陈紫筱², 高杨文¹, 柳建良², 王琴²

(1. 上海纽迈电子科技有限公司, 上海 200000) (2. 仲恺农业工程学院轻工食品学院, 广东广州 510000)

摘要: 为研究鹰嘴蜜桃软化机制, 为鹰嘴蜜桃的保鲜提供新思路。利用 LF-NMR 技术测定了鹰嘴蜜桃果实水分分布及状态, 并探讨了 CaCl₂、乙烯吸附剂和热烫处理对鹰嘴蜜桃果实硬度、呼吸强度、酶活性、果胶含量的变化, 初步尝试建立硬度与原果胶含量间的关系。研究表明: 新鲜鹰嘴蜜桃含有 3 种状态水分, 其中自由水约占 90%; 硬度与原果胶含量具有较好的正相关; 在贮藏过程中, 鹰嘴蜜桃于贮藏的第 3 d 和第 7 d 出现呼吸高峰; 随贮藏时间的延长, 果实硬度逐渐下降, 原果胶含量下降, PME 活性增强, 可溶性果胶先增加后减小。以上几种保鲜处理都能抑制果实硬度、呼吸强度、PME 活性和果胶等指标的变化, 其中以乙烯吸附剂的效果最好。该研究为鹰嘴蜜桃的软化机理研究与保鲜技术提供了理论依据。

关键词: 鹰嘴蜜桃; 保鲜; 贮藏品质

文章编号: 1673-9078(2018)03-167-172

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2018.03.024

Effects of Different Preservation Treatments on Storage Quality of Chick Peach

TANG Mei¹, LUO Jie-ying², ZHANG Huan-you², CHEN Zi-xiao², GAO Yang-wen¹, LIU Jian-liang², WANG Qin²

(1. Shanghai Niumag Electronic Technology Co., Ltd, Shanghai 200000, China)

(2. Zhongkai University of Agriculture & Engineering College of Food Science and Technology, Guangzhou 510000, China)

Abstract: The softening mechanism of chick peach was studied to provide new ideas for the preservation of chick peach in this study. The distribution and status of water in the chick peach fruit were determined by LF-NMR, and the effects of treatments with CaCl₂, ethylene adsorbent and heat shocking on the firmness, respiration, enzyme activity and pectin content of the peach were studied. The results showed that the peaches contain 3 states of moisture, of which free water accounted for about 90%. The hardness was positively correlated with the raw pectin content. During storage, the respiration peak occurred at 3d and 7d. With the extension of storage time, the firmness of fruit and the content of pectin decreased gradually, the activity of PME increased, and the soluble pectin increased firstly and then decreased. All the above treatments could inhibit the changes of firmness, respiration rate, PME activity and pectin content, among which ethylene adsorbent was the best. This research can provide theoretical basis for the study of softening mechanism and preservation technology of chick peach.

Key words: chick peach; preservation; storage quality

鹰嘴蜜桃是广东省桃类水果中最好的品种, 果大形美, 质脆味甜, 汁多爽口, 被称为“桃之极品”, 深受消费者的喜爱^[1]。在广东的河源连平、韶关翁源、从化、清远、梅州和云浮等地都有大面积种植鹰嘴蜜桃, 其中以连平的种植面积、产量最具规模, 品质最佳。近几年无论是从产业规模、市场需求, 还是产品

收稿日期: 2017-10-12

基金项目: 广东省促进农业对外合作项目 (粤财农[2016]108 号); 广东省科技计划项 (2016A040402045、2016A020206007)

作者简介: 汤梅 (1989-), 女, 硕士, 主要从事农产品加工与贮藏保鲜工作

通讯作者: 王琴 (1973-), 博士, 教授, 主要从事农产品加工与贮藏方面研究

价格和品牌认知度方面, 鹰嘴蜜桃产业呈现良好的发展趋势^[2]。

鹰嘴蜜桃最佳采收期为七月中旬, 此时气温高、湿度大, 果实采后在常温条件下易变软发黄, 失去清脆的口感, 品质下降。果实的软化是细胞壁中酶促和非酶促反应的协同作用的结果, 细胞壁组分的降解是果实软化的根本原因。叶明智^[3]利用报纸对鹰嘴蜜桃进行采前套袋处理, 结果发现套袋能够有效的提高果实的品质, 如减小采摘机械损伤率、提高可食率和增加果单产等。蒋均等^[4]人初步探究了温度和包装方式对采后鹰嘴蜜桃保鲜效果的影响, 并从中确定了较佳的贮藏温度和包装方式。但鲜有关于鹰嘴蜜桃采后软化机理及相关酶活性的研究。

目前国内,由于保鲜设备成本高或技术要求高等原因,导致我国果蔬采后的保鲜应用不广泛,需求价格低廉、操作简单、保鲜效果好、安全健康又适合工业化大生产的保鲜方法,是解决我国果蔬保鲜应用的重要途径之一。本研究采用氯化钙浸泡、热水漂烫和乙烯吸附等处理,研究了鹰嘴蜜桃在贮藏过程中硬度的变化,并从果实呼吸生理及酶活性等方面初步探讨了不同处理对果实软化作用的影响,以为鹰嘴蜜桃的贮藏保鲜研究与应用提供理论支持和指导。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

鹰嘴蜜桃:采摘于广东连平上坪鹰嘴蜜桃基地。

三氯乙酸、硫代巴比妥酸、乙醇、浓硫酸、咪唑、半乳糖醛酸、蔗糖、酒石酸钾钠、3,5-二硝基水杨酸、苯酚、无水亚硫酸钠、果胶、溴百里香酚兰、草酸、氯化钡、醋酸钠、冰乙酸等。

1.2 仪器与设备

MesoMR23-040H-1 核磁共振成像分析仪,上海纽迈电子科技有限公司;TGL16E 冷冻离心机,广州芯康医疗科技有限公司;UV-1800PC 紫外可见分光光度计,上海美谱达仪器有限公司;GY-4 数显水果硬度计,浙江托普仪器有限公司。

1.3 材料处理

鹰嘴蜜桃采后立即运回已消毒的通风预贮藏室进行筛选,去除有机械损伤、病虫侵害、污染和腐烂的果实,将色泽、大小、成熟度均一的鹰嘴蜜桃挑选出来备用。将符合要求的果实分别采用以下处理:A:5%CaCl₂ 浸泡 10 min; B:50℃热水热烫 30 s; C:饱和 KMnO₄ 溶液浸泡氧化铝球吸附剂; CK:不做任何处理的空白对照。将已处理的样品置于已消毒有孔的水果专用纸箱(长*宽*高:33 cm*23 cm*8 cm)进行常温贮藏,并做好标记,每个处理用果 3 箱,每箱果 16 个,每次测量用果 3 个,每个样品重复 3 次测量。

1.4 测定方法

1.4.1 水分分布及状态

采用多脉冲回波序列,将样品置于永久磁场射频线圈的中心,测量样品的横向弛豫时间(T₂)。实验参数设定:测量温度 T=32±0.01℃,主频 SF1=21 MHz,偏移频率 O1=27576.57 Hz,90°脉冲时间 P1=9 μs,180°脉冲时间 P2=19 μs,采样点数 TD=450056,重复

时间 TW=4500 ms,累加次数 NS=2,回波时间 TE=1.0 ms,回波个数 NECH=4500。

1.4.2 硬度

果实去皮后取 1 cm×1 cm×1 cm 大小方块果肉,将硬度计探针刺入果肉 0.5 cm,读取显示屏上最大硬度值(kg/cm²)。

1.4.3 呼吸强度

采用静置法^[5],在玻璃干燥器中放入加有 10 mL、0.4 mol/L NaOH 标准溶液的培养皿,隔板上放置 500 g 左右的鹰嘴蜜桃,密封后在常温条件下静置 1 h。将碱液移入三角瓶,加饱和 BaCl₂ 和酚酞溶液,用 0.2 mol/L 草酸标准溶液滴定,记录草酸标准溶液的用量,用同样的方法做空白滴定。

1.4.4 果胶甲酯酶

采用比色法^[6],取 0.5 g 果肉于预冷的研钵中,再加 0.5 mL 1% LNaCl 充分研磨后,转移到离心管中,用 0.5 mL NaCl 润洗 2 次,合并清洗液于 2 mL 的离心管中,在 4℃,10000 r/min 离心 30 min,收集上清液,于 4℃ 保存备用。在试管中依次加入 3 mL 0.25% (m/V) 的果胶、1 mL 0.01% 溴麝香酚兰指示剂(pH 为 7.5),2.0 mL 蒸馏水,1.0 mL 酶液,立即将试管放入 37℃ 的水浴锅中 30 min,以蒸馏水为对照。取出试管后冷却,迅速测定其在 620 nm 波长 1 min 的变化。每 min 变化为一个活力单位 U/g/min。

1.4.5 可溶性果胶和原果胶

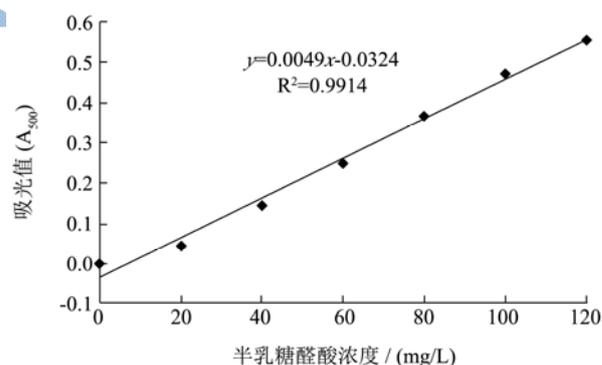


图1 半乳糖醛酸标准曲线

Fig.1 Standard curve of galactose acid

采用咪唑法^[7],称取样品 5 g,研磨呈匀浆,加入 50 mL 95%的乙醇,在沸水浴上加热 30 min,重复 3 次。过滤,滤渣放入三角瓶中,加 40 mL 水,在 60℃ 水浴上加热 30 min。过滤并洗涤滤纸和滤渣,滤液移入 100 mL 容量瓶并定容,此为可溶性果胶。滤渣放入三角瓶中,加 50 mL 0.5 mL/L 硫酸,在沸水浴上加热 1 h,过滤,洗涤滤渣,并合并洗涤液冷却后移入 100 mL 容量瓶中定容,此为原果胶测定液。吸取可溶性果胶和原果胶测定液各 1 mL,然后沿试管壁缓慢加

入浓硫酸 6 mL, 混匀后沸水浴上加热 20 min, 冷却至室温, 加入 0.2 mL 0.15% 吡啶溶液, 摇匀后于暗处放置 2 h, 于 530 nm 波长处测定吸光度值, 并根据标准曲线计算相应的原果胶和可溶性果胶含量, 标准曲线如图 1。

1.5 数据分析方法

本试验所有数据均采用 Excel 以及 SPSS V13.0 版软件进行数据分析与处理, 同时 ANOVA 进行邓肯氏多重差异性分析, 显著 ($p < 0.05$), 极显著 ($p < 0.01$)。

2 结果与分析

2.1 水分分布及状态变化

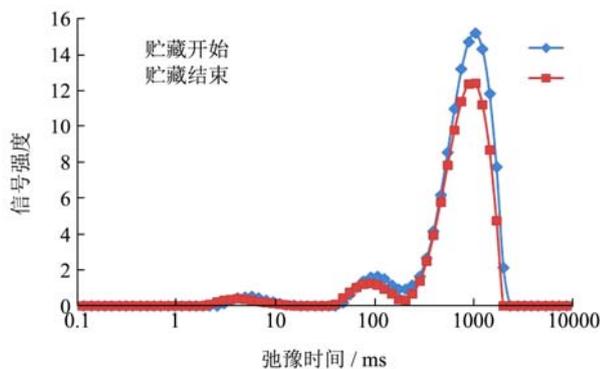


图 2 鹰嘴蜜桃横向弛豫时间 (T_2) 变化

Fig.2 Transverse relaxation time (T_2) changes of chick peach

图 2 为鹰嘴蜜桃应用多组分联合迭代重建反演算法解得连续光谱 T_2 反演图谱。由于鹰嘴蜜桃是一个复杂的不均匀系统, 水分子通过不同的作用力 (氢键和毛细管作用力等) 与鹰嘴蜜桃内的大颗粒物相互作用, 从而改变了水分子的自由度, 因而可以用多重弛豫时间系数来表征, 为了便于描述, 分别用 T_{21} 、 T_{22} 和 T_{23} 表示^[8]。由图 2 可知, 新鲜成熟的鹰嘴蜜桃 T_2 谱有 3 个波峰, 弛豫时间 T_2 的范围分别为 T_{21} (1~10 ms), T_{22} (10~200 ms), T_{23} (200~1500 ms)。经归一化处理后, 对应 3 个峰的峰面积分别为: 3.05、10.06 和 115.27, 峰面积所占的比例分别为: 2.38%、7.84% 和 89.78%。 T_2 各峰值面积占总面积的比例, 可以间接反映不同状态的水分含量^[9]。贮藏结束后, 鹰嘴蜜桃的各波峰向左移动, 对应 3 个峰的单位质量峰面积分别为: 3.15、9.31 和 87.54, 较贮藏时开始自由水和不易流动水的含量明显降低。由此可见, 在鹰嘴蜜桃贮藏过程中失去的水分主要是自由水和部分不易流动水。

2.2 硬度变化

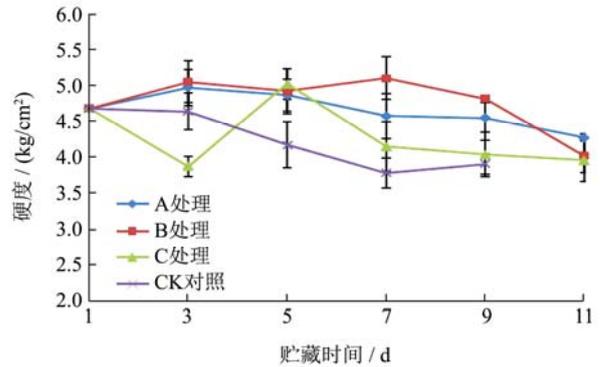


图 3 不同处理果实硬度变化

Fig.3 Changes of fruit firmness with different treatments

注: A、B 和 C 处理分别代表: 5% CaCl_2 浸泡 10 min; 50 °C 热水热烫 30 s; 饱和 KMnO_4 溶液浸泡氧化铝球吸附剂。

鹰嘴蜜桃的在贮藏过程中, 随着后熟及衰老的进行, 以及失水作用造成细胞膨压的下降, 果实的硬度逐渐下降。经过 CaCl_2 浸泡处理后, 组织吸水细胞膨压增大, 以及 Ca^{2+} 对乙烯合成信号的阻滞作用, 果实硬度有一个短暂的上升, 5 d 后, 由于失水速度增加, 果实硬度继续下降^[10]。乙烯吸附剂能够及时清除环境中的乙烯, 有效的抑制呼吸作用, 降低呼吸作用对细胞中水分的消耗速率^[11], 从而能够保持果实较高的硬度, 但到贮藏后期, 随着细胞组织的破坏, 果实硬度下降。热烫处理后, 果实表面软化, 硬度下降, 但放置 3~5 d 后水分重新分布, 果实硬度短暂上升, 而后继续下降。贮藏结束时, A、B、C 处理和 CK 对照等的硬度分别为贮藏开始时的 91.29%、85.90%、84.50% 和 75.74%, 由此说明以上不同处理对保持鹰嘴蜜桃的果实硬度有一定的作用, 其中 CaCl_2 的效果最佳, 乙烯吸附剂的次之。

2.3 呼吸强度变化

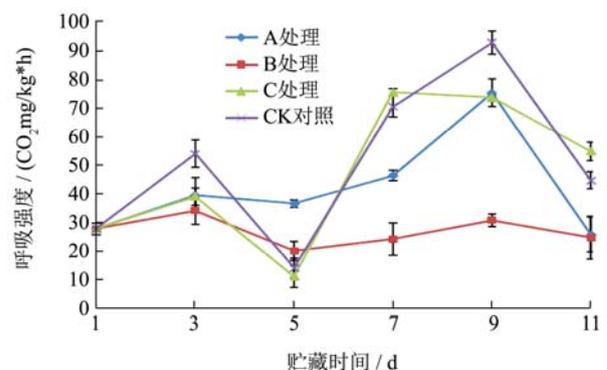


图 4 不同处理果实呼吸强度变化

Fig.4 Changes of respiration intensity of fruits with different treatments

鲜采摘后的鹰嘴蜜桃由于田间热等作用, 呼吸强度较高, 贮藏 3 d 后, 迅速进入了第一次呼吸高峰,

峰值为 54.04 mg/kg·h, 标志着果实进入后熟; 贮藏 9 d 后进入二次呼吸高峰, 峰值为 92.80 mg/kg·h。CaCl₂、乙烯吸附剂和热处理可明显降低果实的呼吸峰值, 与对照组相比, 一次呼吸峰值分别降低了 14.51 mg/kg·h、19.88 mg/kg·h 和 14.90 mg/kg·h; 二次呼吸峰值分别降低了 17.52 mg/kg·h、61.92 mg/kg·h 和 17.24 mg/kg·h; 但热烫处理将二次呼吸高峰时间提前 2 d, 综上所述, 乙烯吸附剂对鹰嘴蜜桃呼吸作用的抑制效果最好。该研究结果与蒋均等^[4]的相似, 在低温 (2±1 °C) 的条件下, 鹰嘴蜜桃也出现两次呼吸高峰, 但低温条件下果实二次呼吸峰值比一次呼吸峰值低, 果实腐烂率也低, 由此可推断二次呼吸高峰与果实的腐烂密切相关, 呼吸峰值越大, 果实腐烂衰老的速度越快。

2.4 果胶甲酯酶活力变化

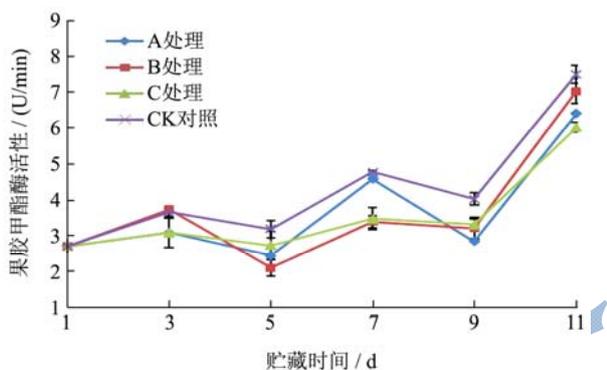


图 5 不同处理果实 PME 活性变化

Fig.5 Changes of PME activity in fruits with different treatments

果实中的果胶物质从原果胶最终降解成为半乳糖醛酸需要多种酶的参与。果胶甲酯酶 (PME) 能够裂解细胞壁成分中的多聚半乳糖醛酸长链上的甲基酯, 降低果胶的酯化度, 从而提高多聚半乳糖醛酸酶对果胶物质的亲和力, 以降解多聚半乳糖醛酸^[12]。鹰嘴蜜桃果实中 PME 酶活性的变化如图 5 所示。在整个贮藏过程中, PME 呈现波动上升的趋势, 贮藏 9 d 后 PME 活性增加的速率增大。贮藏结束时, A、B、C 处理和 CK 对照的 PME 活性分别为: 6.41 U/g/min、7.03 U/g/min、6.02 U/g/min 和 7.51 U/g/min, 各处理的酶活性要略小于对照组的, 且差异极显著 ($p < 0.01$), 但各处理之间的差异不明显 ($p > 0.05$)。

2.5 可溶性果胶变化

不同处理鹰嘴蜜桃中细胞壁可溶性果胶含量的而变化如图 6 所示, 随着贮藏时间的延长, 可溶性果胶呈现先增加后降低的趋势, 于贮藏的第 5 d 出现最大峰, 峰值为 10.62 mg/g。

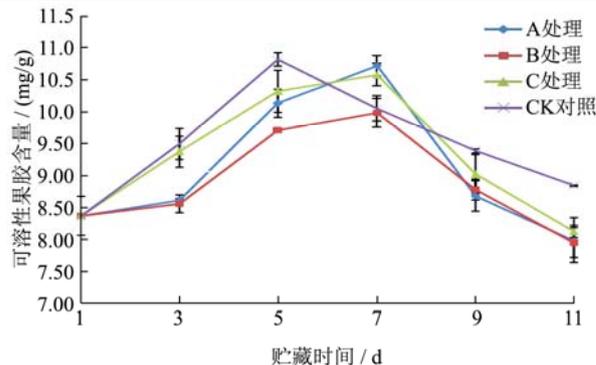


图 6 不同处理可溶性果胶含量变化

Fig.6 Change of soluble pectin content with different treatments

经过 CaCl₂、乙烯吸附剂和热处理的均可将峰值推迟 2 d, 但 CaCl₂ (10.72 mg/g) 和热烫处理 (10.58 mg/g) 同对照组的峰值相比无显著性差异 ($p > 0.05$), 而乙烯吸附剂处理 (9.98 mg/g) 能够显著降低可溶性果胶的含量及最大峰值 ($p < 0.01$)。这与郜海燕^[13]的研究结果不同, 郜海燕研究表明, 蓝莓果实中的可溶性果胶含量随着贮藏时间的延长而逐渐的增加。经分析该现象可能与可溶性果胶向果胶酸降解的速度有关。贮藏前期, 果胶甲酯酶活性增加, 可溶性果胶含量也随之升高; 贮藏后期, 果胶甲酯酶活性虽然增加, 但由于受到细胞内 pH 值、渗透压、多聚半乳糖醛酸酶、果胶盐酸裂合酶等其它因素的影响, 或者由于细胞结构的破坏, 大量氧融入, 可溶性果胶氧化转化为果胶酸, 导致可溶性果胶含量迅速下降^[14]。

2.6 原果胶变化

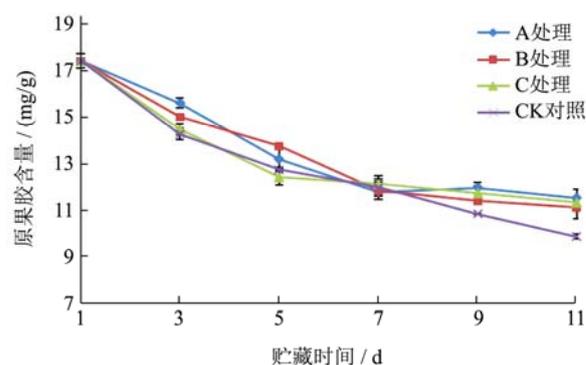


图 7 不同处理果实原果胶含量变化

Fig.7 Changes of raw pectin content in fruits with different treatments

果实在成熟和衰老过程中, 果胶物质从原果胶向可溶性果胶的转变, 是果实软化的重要原因。由图 7 可知, 鹰嘴蜜桃果实细胞壁中的原果胶含量逐渐降低。其中对照组的原果胶含量由贮藏开始时的 17.43 mg/g, 下降到贮藏结束时的 9.88 mg/g, 下降了 43.32%。其它处理组的原果胶的下降速度较对照组

稍慢,贮藏结束时,A、B和C处理组对应的原果胶含量分别为11.54 mg/g、11.12 mg/g和11.34 mg/g,与对照组差异显著($p<0.01$),但各处理间差异不明显。实验结果说明CaCl₂、乙烯吸附剂和热烫处理都能较好的抑制原果胶的降解,保持果实的硬度。

2.7 硬度与原果胶含量相关性

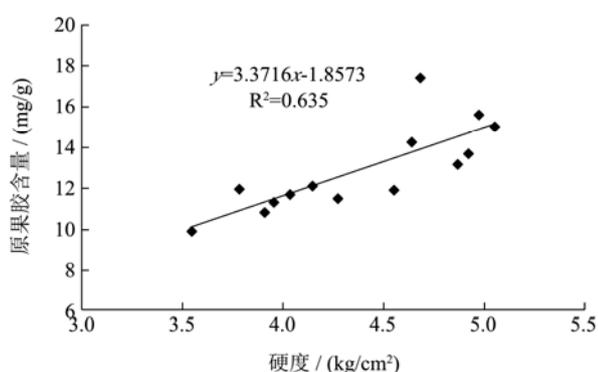


图8 硬度与原果胶含量的相关性

Fig.8 Correlation between hardness and raw pectin content

植物细胞壁主要构成中90%的为多糖,10%为结构蛋白、酶和脂肪酸。多糖主要三类:构成细胞壁骨架的纤维素,一种或几种单糖缩合而呈的半纤维素;由半乳糖醛酸构成的细胞壁中层胶,即果胶物质。在果实软化中果胶物质的变化最为明显^[15]。图3和图7表明,随着贮藏时间的延长,果实硬度随着果肉中原果胶的含量的下降而逐渐下降。图8为鹰嘴蜜桃果实硬度与原果胶含量的关系图,由图可知鹰嘴蜜桃的硬度和果肉中的原果胶含量有较好的拟合性,拟合方程为 $y=3.3716x-1.8573$,拟合程度较高 $R^2=0.635$ 。因此可以根据果实硬度大致推算出果肉中的原果胶含量。

3 结论

本文以连平鹰嘴蜜桃为原材料,研究了CaCl₂、乙烯吸附剂和热烫处理对果实硬度、呼吸强度、酶活性及可溶性果胶与原果胶等指标的影响。并根据硬度与原果胶含量之间的关系建立二者相关性,得出以下结论:

- 3.1 新鲜的鹰嘴蜜桃中的三种水分状态,在贮藏过程中以自由的变化最明显,不易流动水次之;
- 3.2 CaCl₂和乙烯吸附剂处理都能很好的保持鹰嘴蜜桃果实硬度,其中乙烯吸附剂的效果更好;
- 3.3 采后鹰嘴蜜桃在常温贮藏条件下,会发生2次呼吸高峰,发生一次呼吸高峰后果实的硬度快速下降,二次呼吸高峰后,果实快速腐烂。CaCl₂和乙烯吸附剂处理能够降低呼吸强度,且乙烯吸附剂的效果最好;

3.4 采后鹰嘴蜜桃果实中的PME活性呈波浪式上升的趋势,CaCl₂、乙烯吸附剂和热烫处理,都能较好的抑制PME活性的上升,但各处理组间的差异不明显;

3.5 CaCl₂、乙烯吸附剂和热烫处理能够推迟果胶含量高峰2d,并能有效的抑制原果胶的降解和果胶含量的增加,其中以乙烯吸附剂的效果最好。

3.6 鹰嘴蜜桃果实硬度与果肉中原果胶含量有较好的正相关性,因此可以根据果实的硬度推算原果胶的含量。

参考文献

- [1] 任文彬,汪薇,白卫东.广东上坪鹰嘴蜜桃的生产与深加工前景探讨[J].农产品加工:创新版,2012,6:56-58
REN Wen-bin, WANG Wei, BAI Wei-dong. Discussion on the prospect of production and deep processing of chick peach of the Shang-ping Guangdong [J]. Agricultural Products Processing: An Innovative Edition, 2012, 6: 56-58
- [2] 艾建安,李文珊,董丽萍.广东鹰嘴蜜桃产业发展现状与对策[J].现代农业,2015,1:16-19
AI Jian-an, LI Wen-shan, DONG Li-ping. Development status and countermeasures of Guangdong chick peach industry [J]. Modern Agriculture, 2015, 1: 16-19
- [3] 叶明智.鹰嘴蜜桃套袋试验初报[J].中国南方果树,2007,3(36):78
YE Ming-zhi. Preliminary report on bagging test of chickpea [J]. South China Fruits, 2007, 3(36): 78
- [4] 蒋均,骆房增,王琴,等.不同温度与包装对鹰嘴蜜桃贮藏效果的影响[J].现代食品科技,2017,33(10):1-9
JIANG Jun, LUO Fang-zeng, WANG Qin, et al. Effects of different temperature and packaging on storage of chick peach [J]. Modern Food Science and Technology, 2017, 33(10): 1-9
- [5] 张桂.果蔬采后呼吸强度的测定方法[J].理化检验-化学分册,2005,41(8):596-597
ZHANG Gui. Determination of post-harvest respiration intensity of fruits and vegetables [J]. Chemical Analysis, 2005, 41(8): 596-597
- [6] Ariel R V, Maria L C, Gustavo A M, et al. Effect of heart treatment on cell wall degradation and softening in strawberry fruit [J]. Post-harvest Biology and Technology, 2005, 38: 213-222
- [7] 韩雅珊.食品化学实验指导[M].北京:北京农业大学出版社,1992
HAN Ya-shan. Food chemistry experiment instruction [M].

- Beijing: Beijing Kasetsart University Press, 1992
- [8] 宋伟,李冬坤,乔琳,等.对不同含水量粳稻谷 T_2 峰面积和MRI图像的定量分析[J].中国农业科学,2015,48(22):4529-4538
- SONG Wei, LI Dong-shen, QIAO Lin, et al. Quantitative analysis of T_2 peak area and the MRI images of japonica rice with different moisture contents [J]. Scientia Agriculture Sinica, 2015, 48(22): 4529-4538
- [9] 李娜,李瑜.利用LF-NMR分析冬瓜真空干燥过程中的内部水分变化[J].食品科学,2016,37(23):84-88
- LI Na, LI Yu. Analysis on internal moisture changes of *Benincasa hispida* during vacuum drying process using low-field NMR [J]. Food Science, 2016, 37(23): 84-88
- [10] GU Cai-qin, XI Yu-fang, GUAN Jun-feng, et al. Relationship between Ca^{2+} -CaM and ethylene-induced PG activity in tomato fruit [J]. Agricultural Sciences in China, 2003, 2(10): 1151-1156
- [11] Paull R E, Nishijima W, Reyes M, et al. Post-harvest handling and losses during marketing of papaya [J]. Post-harvest Biology and Technology,1997, 11: 165-179
- [12] 朱明月,沈文涛,周鹏.果实成熟软化机理研究进展[J].分子植物育种,2005,3(3):421-426
- ZHU Ming-yue, SHEN Wen-tao, ZHOU Peng. Advances in research on mechanism of fruit ripening and softening [J]. Molecular Plant Breeding, 2005, 3(3): 421-426
- [13] 邵海燕,杨帅,陈杭君,等.蓝莓外表皮蜡质及其对果实软化的影响[J].中国食品学报,2014,14(2):102-108
- GAO Hai-yan, YANG Shuai, CHEN Hang-jun, et al. The appearance of wax in blueberry and its effect on softening of fruits [J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2014, 14(2): 102-108
- [14] 王中凤.细胞壁分解酶与果实软化的关系研究进展[J].中国农学通报,2009,25(18):126-130
- WANG Zhong-feng. Research advancement in relation of enzymes for cell wall metabolism with fruit softening [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2009, 25(18): 126-130
- [15] 朱丹实.葡萄采后软化机制及风味裂变的研究[D].沈阳:沈阳农业大学,2014
- ZHU Dan-shi. Study on post-harvest softening mechanism and flavor fission of grape [D]. Shenyang: Shenyang Agricultural University, 2014