

# 热处理和钙处理对中秋酥脆枣贮藏效果的影响

唐艳, 王森, 颜忠鹏, 邵凤侠, 张萍

(中南林业科技大学林学院, 湖南长沙 410004)

**摘要:** 为探究中秋酥脆枣鲜果的保鲜方法, 延长冷藏条件下中秋酥脆枣的保鲜时间。对采后的中秋酥脆枣鲜果用 45 °C、50 °C、55 °C 和 60 °C 热水及 3%、4% 和 5% CaCl<sub>2</sub> 溶液浸泡 20 min, 每隔 21 d 对枣果的硬度、可溶性总糖、还原糖、Vc 及 MDA 的含量进行检测, 并对检测的品质指标进行相关性分析。用 40 °C、50 °C 和 55 °C 热水浸泡的枣果, 果实硬度和 Vc 含量在贮藏过程中均显著高于对照, 且能显著影响枣果内两种糖含量、抑制枣果 MDA 含量的上升; 3 种浓度的 CaCl<sub>2</sub> 溶液浸泡处理对枣果 Vc 含量存在显著影响且均能减缓枣果硬度的下降速率, 3% CaCl<sub>2</sub> 处理的枣果 MDA 含量增加最慢。在贮藏过程中, 枣果的果实硬度与 Vc 含量、还原糖含量与 MDA 含量等呈极显著正相关。中秋酥脆枣冷藏前热水浸泡处理最适温度为 55 °C, CaCl<sub>2</sub> 浸泡处理的较适浓度为 3%, 这两种处理的枣果的保鲜效果相对较好。

**关键词:** 贮藏保鲜; 热处理; 枣

文章编号: 1673-9078(2018)05-68-75

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2018.05.010

## Effects of Heat and Calcium Treatments on the Storage Effects of *Ziziphus jujubevc. Zhongqiusucui*

TANG Yan, WANG Sen, YAN Zhong-peng, SHAO Feng-xia, ZHANG Ping

(Institute of Forestry, Central South University of Forestry & Technology, Changsha 410004, China)

**Abstract:** In order to explore the preservation method of *Ziziphus jujubevc. Zhongqiusucui*, and prolong the preservation time of *Ziziphus jujubevc. Zhongqiusucui* under refrigerated conditions, different temperatures of hot water (45 °C, 50 °C, 55 °C and 60 °C) and different CaCl<sub>2</sub> concentration (3%, 4% and 5%) solutions were used to soak the fresh *ziziphus jujubevc. Zhongqiusucui* for 20 min, and the hardness, soluble total sugar, reducing sugar and MDA content of jujube fruit were measured every 21 days. The jujube soaked in hot water at 40 °C, 50 °C and 55 °C for 20 min, the fruit hardness and Vc content were significantly higher than those of the control during storage, and could significantly affect the content of two kinds of sugar in jujube fruit and could also inhibit the increase of MDA content in jujube fruit; The three kinds of CaCl<sub>2</sub> soaking treatments had a significant effect on the Vc content of jujube and could slow down the decrease of hardness of jujube during storage. Jujube fruits treated with 3% CaCl<sub>2</sub> had the lowest MDA content during storage. During storage, the fruit hardness of jujube fruit was significantly positively correlated with Vc content, reducing sugar content and MDA content. *Ziziphus jujubevc. Zhongqiusucui* hot water pretreatment optimum temperature was 55 °C, and CaCl<sub>2</sub> soaking the appropriate concentration was 3%. The fresh fruits of these two treatments had better preservation effect.

**Key words:** storage preservation; heat treatment; jujube

中秋酥脆枣 (*Ziziphus jujubevc. Zhongqiusucui*) 是‘糖枣’芽变品种<sup>[1]</sup>, 为鼠李科落叶乔木, 该枣含糖量高、口感酥脆、皮薄肉厚、肉质细腻, 受到广大消费者的青睐, 在湖南省大面积种植。中秋酥脆枣采摘后, 常温条件下贮藏 3 d 出现异味、皱缩, 冷库储藏 14 d 出现霉变、异味与腐烂, 对枣产业造成较大的经济损失。为了延长采后中秋酥脆枣的贮藏时间, 增加枣农及企

收稿日期: 2017-12-25

基金项目: 湖南省主要经济林树种种植创新及关键技术研究 (2016NK2147)

作者简介: 唐艳 (1993-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 经济林栽培育种

通讯作者: 王森 (1972-), 男, 博士, 教授, 研究方向: 经济林栽培育种

业的经济效益, 加强对中秋酥脆枣贮藏保鲜技术研究至关重要。

热处理保鲜方式在果实贮藏方面的研究已有报道<sup>[2]</sup>。热处理可直接作用于引起果实腐烂的真菌等物质<sup>[3]</sup>, 控制采后病害的发生, 也能通过增加果实的硬度、改变相关酶活性等方式来达到贮藏的效果<sup>[4]</sup>。Ariel R. Vicente、阎瑞香通过热处理能降低了草莓初始细菌群体数量, 也减少了草莓和西红柿的腐烂率<sup>[5,6]</sup>。Chan 发现热处理会导致与番木瓜果实组织的延迟软化相关的多聚半乳糖醛酸酶 (PGase) 活性的降低<sup>[7]</sup>; Sara 等发现热处理会导致猕猴桃内去甲基化的半乳糖醛酸链

和内源性钙之间的交联而导致猕猴桃切片硬度增加<sup>[8]</sup>,也能保持“Ryan Sun peaches”鲜切桃片、“Golden Delicious Apple”苹果的硬度的硬度<sup>[9,10]</sup>,Biggs等<sup>[11]</sup>发现将果实从25℃转移至35℃或40℃后,发现ACC合成酶活性迅速下降,而形成乙烯形成酶(EFE)活性缓慢下降;热处理还能影响果蔬贮藏过程中的呼吸<sup>[12-14]</sup>,试验证明热处理能够抑制红富士苹果、轻度加工后的巨峰葡萄的呼吸速率、乙烯释放速率等<sup>[15-17]</sup>。有关钙处理在枣等水果保鲜方面的应用亦十分常见。钙浸泡处理不仅能够降低“安哥诺”李果实的腐烂、维持“Amarillo”甜瓜鲜切片的硬度、减少微生物生长<sup>[18,19]</sup>,还能保证冬枣、台湾青枣等的贮藏品质良好<sup>[20,21]</sup>;肖黎斌用熏蒸处理秦宝冬枣,显著减少秦宝冬枣Vc含量下降并保持硬度,较好地抑制POD和PPO活性变化<sup>[22]</sup>。

前人的各种探究结果可作为此实验的参考条件,应用于中秋酥脆枣这种极不耐储的鲜枣的保鲜上,本研究拟通过对中秋酥脆枣鲜枣进行用不同温度蒸馏水、不同浓度CaCl<sub>2</sub>溶液浸泡处理,检测枣果在贮藏过程中的果实硬度、可溶性总糖、还原糖、Vc及MDA的含量,以探究适合中秋酥脆枣贮藏保鲜的最佳处理,为中秋酥脆枣的贮藏提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 原料和仪器设备

中秋酥脆枣,采自湖南省衡阳市祁东县新丰果业有限公司紫冲实验基地。2016年9月下旬,选择采后果形端正、大小均一、无裂果与机械损伤、经过枣果分选机后的一级枣果作为试验材料。

岛津UV-1800紫外分光光度计、电热恒温水浴锅、艾德堡GY-4数显水果硬度计等。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 枣果的处理

分别用3%、4%和5%CaCl<sub>2</sub>溶液浸泡20min,45℃、50℃、55℃和60℃蒸馏水浸泡鲜枣20min,27℃蒸馏水浸泡20min作为对照,每个处理2000g,浸泡后捞出晾干,装入PE保鲜袋,放入预冷室24h后放入2±1℃冷库保存,在贮藏的0d、21d、42d、63d和84d取样,液氮处理后放入-80℃冰箱,测定相关指标。

##### 1.2.1.1 果实硬度

去皮后鲜枣,测定枣果中部的硬度,单位为kg/cm<sup>2</sup>。

##### 1.2.1.2 果实Vc含量

Vc含量测定采用2,6-二氯酚靛酚法,测量Vc单位为mg/100g。

称取2g样品放至研钵中,加入3mL2%草酸冰浴研磨均匀,然后将均浆倒至100mL容量瓶中,残渣用1%草酸冲洗,洗液一并倒至容量瓶中,加入1mL30%硫酸锌,摇动容量瓶,再加入1mL15%亚铁氰化钾,1%草酸定容,摇匀。取部分液体6000r/min、4℃离心后取上清液1~4mL(不足4mL的可用1%草酸补足至4mL)至具塞大试管中,依次加入染料2mL(100mg2,6-二氯酚靛酚、82mg碳酸氢钠溶于约60mL热水中,过滤定溶至100mL容量瓶中,倒入棕色试剂瓶存放于冰箱内,使用时稀释4倍)、二甲苯5mL,摇匀静置1min,测定500nm波长吸光度,重复三次。

##### 1.2.1.3 果实MDA含量

MDA含量:硫代巴比妥酸法稍作修改<sup>[23]</sup>。

取枣样0.5g,加入3mLpH=7.8PBS冰浴研磨均匀,再用4mLpH7.8PBS分三次冲洗研钵,全部转入10mL离心管,4℃、6000r/min、15min离心后取上清液2mL于具塞试管,再加入2mLTAB(10%TCA配置),沸水浴15min,取出后冰浴冷却,4℃、6000r/min、10min离心取上清液测532nm、600nm、450nm波长吸光度,重复三次。

##### 1.2.1.4 果实糖含量

称取0.5g样品放至研钵中,加入5~6mL80%乙醇溶液研磨,并用80%乙醇冲洗转移至大试管,80℃水浴30min,期间不断搅拌。用少量80%乙醇冲洗玻璃棒,冷却,于6000r/min、10min离心后取上清液转入25mL容量瓶,沉淀用80%乙醇洗涤2次,将上清液转入25mL容量瓶中,定容。

还原糖含量:3,5-二硝基水杨酸法。

取2mL上清液置于10mL试管中,沸水浴蒸干酒精,加入9mL蒸馏水,充分搅拌,6000r/min、10min离心,取2mL上清液(剩余上清液用于可溶性糖测定)于试管中,加入2mL3,5-二硝基水杨酸,测定540nm波长吸光度,重复三次。

可溶性总糖含量:蒽酮法稍作修改。

取上清液稀释后加入蒽酮-硫酸试剂(冰浴,并沿管壁缓缓加入),放入100℃水浴中准确加热10min,取出后用自来水冷却至室温后测定620nm波长吸光度,重复三次。

### 1.2.2 数据统计分析

采用Excel 2003统计试验数据,IBM SPSS Statistics 20.0软件进行双变量相关分析及IBM SPSS Statistics 20.0软件ANOVA-Duncan(D)方法进行差

异性比较。

## 2 结果与讨论

### 2.1 不同处理条件对中秋酥脆枣鲜枣硬度的影响

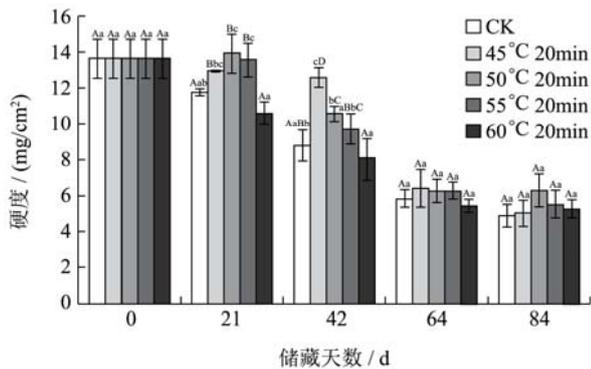


图1 不同温度浸泡处理对中秋酥脆枣硬度的影响

Fig.1 Effects of different temperatures of soaking treatment on the hardness of *Z. jujubevc. Zhongqiusucui*

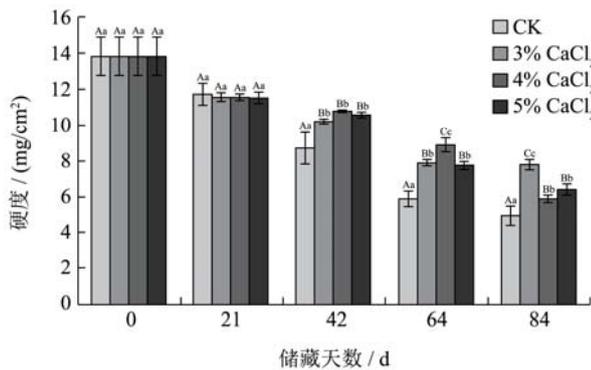


图2 不同浓度 CaCl₂ 溶液浸泡处理对中秋酥脆枣硬度的影响

Fig.2 Effects of different concentrations of CaCl₂ solution soaking treatment on the hardness of *Z. jujubevc. Zhongqiusucui*

注：小写字母表示在 0.01 水平下差异极其显著，大写字母表示在 0.05 水平下差异显著，同下。

果实硬度是衡量中秋酥脆枣储藏品质的重要指标之一，中秋酥脆枣酥脆的口感与其果硬度密切相关。在贮藏过程中，中秋酥脆枣的果实硬度会随枣中纤维素、原果胶的水解而不断下降。由图 1 可知，采摘后未处理的枣果的硬度为 13.84，贮藏过程中，45 °C、50 °C 和 55 °C 浸泡处理 20 min 的枣果皆比未处理的枣果的果实硬度更大且在贮藏过程中的硬度的变化趋势相似。60 °C 浸泡处理组，贮藏 63 d 的枣果的果实硬度为 5.53 低于对照 5.86；45 °C 处理组，在贮藏 21 d 枣果的果实硬度为 12.98 与对照差异显著，与 50 °C、55 °C 处理组的枣果硬度相差不多，但贮藏 42 d 的枣果

的果实硬度为 12.61 与对照组硬度 8.78 相比差异极其显著，且此温度处理的硬度下降速率最慢；50 °C 处理的枣果在贮藏 21 d 的果实硬度为 13.98 与对照的 11.74 差异极其显著但是与 45 °C 处理无显著差异，贮藏 42 d 的枣果的果实硬度与其他温度处理的枣果的硬度差异显著；55 °C 浸泡 20 min 的中秋酥脆枣，在贮藏 21 d 的果实硬度为 13.58，高于 45 °C 与 60 °C 处理的枣果，贮藏 42 d 的枣果的果实硬度与 60 °C 处理硬度 8.12 差异显著。

由图 2 可知，用不同浓度 CaCl₂ 浸泡处理的中秋酥脆枣的硬度随贮藏时间的延长而下降，贮藏 21 d 的枣果的果实硬度都在 11.60 左右；贮藏 42 d 的枣果，CaCl₂ 浸泡处理的枣果的果实硬度都显著高于对照组枣果的硬度 8.78，但是个处理之间的硬度在 42 d 时分别为 10.21、10.79、10.62，无显著差异；用 3% CaCl₂ 浸泡处理的枣果，在贮藏后期硬度下降速度相对于其他浓度和对照组处理的枣果较慢，且在第 64 d 至 84 d 的硬度为 7.86 高于其他浓度 CaCl₂ 处理的枣果。综合图 1~2，可以看出，热水浸泡处理对中秋酥脆枣的果实硬度的影响主要在贮藏前期，CaCl₂ 溶液浸泡对枣果的果实硬度的影响主要在贮藏后期。

### 2.2 不同处理条件对中秋酥脆枣鲜枣 Vc 含量的影响

中秋酥脆枣鲜枣 Vc 含量高达 654 mg/100 g，相对于其他的鲜食枣品种要高得多。枣中 Vc 的含量亦是衡量中秋酥脆枣储藏品质的重要指标之一，它不仅标志着枣果营养价值的高低，而且反映了枣果在储藏过程中的衰老程度，即 Vc 含量越高果实越新鲜，贮藏效果越好。由图 3~4 可以看出，在枣果储藏过程中，Vc 含量在贮藏过程中急剧下降。

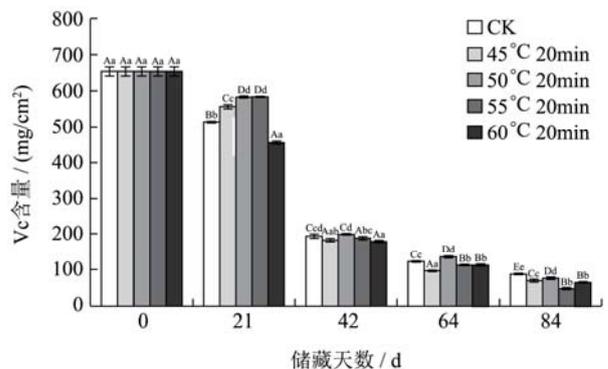


图3 不同温度浸泡对中秋酥脆枣 Vc 含量的影响

Fig.3 Effects of different temperatures of soaking treatment on the Vc content of *Z. jujubevc. Zhongqiusucui*

其中，由图 3 可知，热水浸泡处理的枣果在贮藏

21 d 的 Vc 含量下降缓慢, 45 °C、50 °C、55 °C 浸泡处理能降低 Vc 含量下降的速率, 60 °C 浸泡处理的枣果, 其 Vc 含量在贮藏过程中均低于对照; 在贮藏的第 21 d 到第 42 d 的过程中, 所有处理的枣果的 Vc 含量均急剧下降, 且在第 42 d 之后的枣果, Vc 含量均较低; 45 °C 处理的枣果在贮藏的第 21 d 含量为 558.07 mg/100 g, 显著高于对照 514.69 mg/100 g, 但在第 42 d、63 d 和 84 d 其 Vc 含量均显著低于对照, 推断此次不同温度的浸泡处理试验中, 50 °C 浸泡 20 min 处理的枣贮藏效果相对较好。

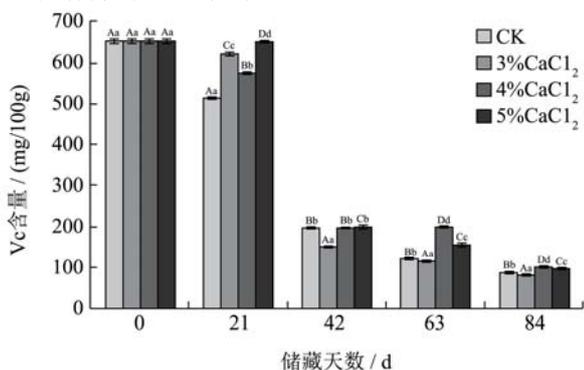


图4 不同浓度 CaCl<sub>2</sub> 溶液浸泡处理对中秋酥脆枣 Vc 含量的影响  
Fig.4 Effects of different Concentration CaCl<sub>2</sub> solution soaking treatment on the Vc content of *Z. jujubevc. Zhongqiusucui*

由图 4 可知, 使用不同浓度 CaCl<sub>2</sub> 溶液浸泡的枣果在贮藏 21 d、63 d 和 84 d 的 Vc 含量差异显著且均高于对照。3% CaCl<sub>2</sub> 溶液浸泡处理的枣果的 Vc 含量仅在贮藏的 21 d 高于对照, 贮藏 42 d 及之后的枣果的 Vc 含量均显著低于对照组的 Vc 含量; 4% 和 5% CaCl<sub>2</sub> 溶液浸泡处理的枣果, 其含量在贮藏过程中均高于对照组的 Vc 含量, 且 5% CaCl<sub>2</sub> 溶液浸泡处理的枣果在贮藏 21 d 的 Vc 含量为 651.53 mg/100 g, 与贮藏前的 Vc 含量相差不大。综上可知, 浸泡处理后的中秋酥脆枣的保存时间大一个月左右, 此时的中秋酥脆枣口感硬实, 糖和 Vc 含量高, 在此时间之前食用浸泡处理的枣果, 口感与营养价值俱佳。

### 2.3 不同处理条件对中秋酥脆枣鲜枣糖含量的影响

枣的含糖量在贮藏过程中的变化是一个动态的变化过程。糖是鲜枣组织中的重要储能物质, 也是中秋酥脆枣甜味的主要来源。中秋酥脆枣由糖枣的芽变选育而来, 鲜枣含糖量高达 23.7%, 相对其他枣品种较高, 可溶性固形物含量 28%~32%, 口感更甜。在贮藏过程中, 由于枣的呼吸作用会消耗分解一部分糖类; 再者, 枣属于木本粮食, 枣内含淀粉, 在储藏过程中

淀粉分解会补充一部分糖类, 因此, 枣果中的可溶性总糖的含量会随贮藏时间的延长而上升。

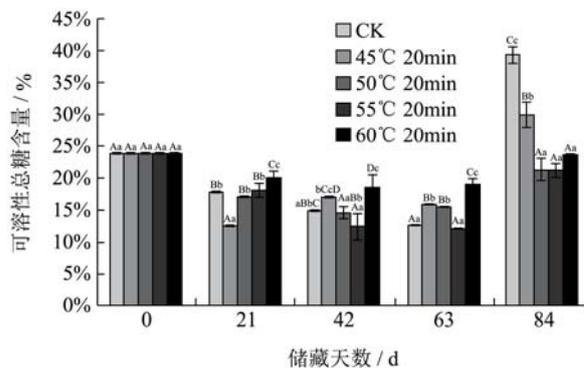


图5 不同温度浸泡处理对中秋酥脆枣可溶性总糖含量的影响  
Fig.5 Effects of different temperatures of soaking treatment on the soluble total sugar content of *Z. jujubevc. Zhongqiusucui*

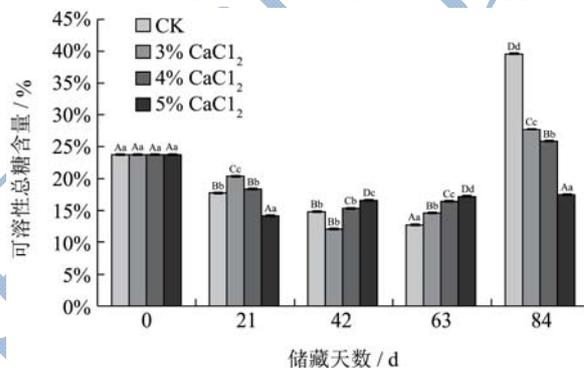


图6 不同浓度 CaCl<sub>2</sub> 溶液浸泡处理对中秋酥脆枣可溶性总糖含量的影响

Fig.6 Effects of different concentration of CaCl<sub>2</sub> solution soaking treatment on the soluble total sugar content of *Z. jujubevc. Zhongqiusucui*

由图 5~6 可知, 所有的枣果在储藏过程中的可溶性总糖含量均呈先下降后上升趋势, 蒸馏水浸泡 20 min 的对照组的枣果在贮藏的第 84 d 的可溶性总糖高达 39.64%, 还原糖的含量在此时也最高, 且此时的枣果, 转红指数达 100%, 果实肉质疏松, 口感极差, 闻之有酒味, 呈现“酒化”现象, 不宜食用。由图 5 可知, 45 °C 处理的枣果, 贮藏前期的可溶性总糖含量相对其他处理较低, 在贮藏 63 d 及 84 d 的糖含量比其他热处理的糖含量相对较高; 50 °C 和 55 °C 处理的枣果贮藏前期可溶性总糖含量下降缓慢, 贮藏 84 d 的糖含量与新鲜枣果含量相似, 贮藏效果相对较好。图 6 可知, 热处理对枣还原糖含量的影响较大, 各个热处理之间的枣的还原糖含量与对照相比均差异显著。

图 7~8 可知, 各浓度的 CaCl<sub>2</sub> 溶液浸泡处理的枣果在贮藏的第 63 d 和 84 d 的总糖含量的差异均极其显著; CaCl<sub>2</sub> 溶液浸泡处理的枣果, 还原糖变化不大, 3% 与 4% CaCl<sub>2</sub> 溶液浸泡处理的枣果在贮藏的 63 d 之

前还原糖含量差异不显著, 贮藏的第 63 d, CaCl<sub>2</sub> 溶液浸泡处理的枣果的还原糖均比新鲜的枣果含量低。此外, 试验发现, 热处理、CaCl<sub>2</sub> 溶液浸泡处理中秋酥脆枣均能的推迟或减少早在冷库中储藏到贮藏后期“酒化现象”。

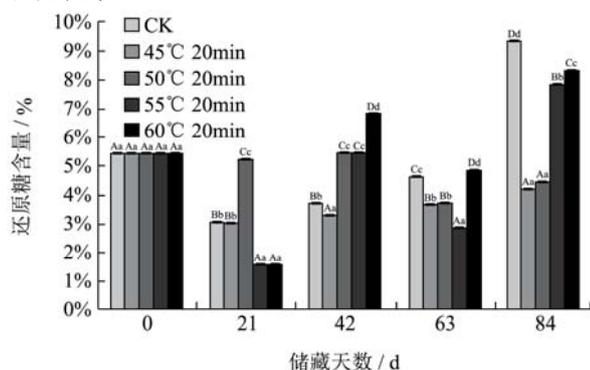


图 7 不同温度浸泡处理对中秋酥脆枣还原糖含量的影响

Fig.7 Effects of different temperatures of soaking treatment on the reducing sugar content of *Z. jujubevc. Zhongqiusucui*

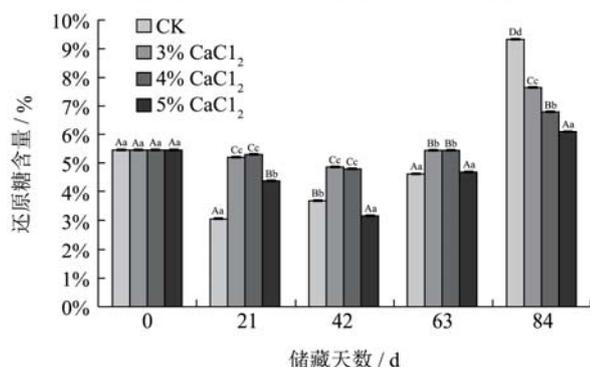


图 8 不同浓度 CaCl<sub>2</sub> 溶液浸泡处理对中秋酥脆枣还原糖含量的影响

Fig.8 Effects of different concentration of CaCl<sub>2</sub> solution soaking treatment on the reducing sugar content of *Z. jujubevc. Zhongqiusucui*

## 2.4 不同处理条件对中秋酥脆枣鲜枣 MDA 含量的影响

MDA 是细胞膜脂质过氧化产物, MDA 的含量可反映枣膜质氧化的程度。肖黎斌等研究表明, 抑制 MDA 的生成, 能提高鲜枣的储藏效果<sup>[19]</sup>。中秋酥脆枣鲜枣的 MDA 含量为 0.09 μmol/g。由图 9 可知, 热处理的枣果的 MDA 含量在前期上升缓慢, 后期上升较快, 45 °C 与 60 °C 热处理的枣果, 在贮藏的第 21 d 的 MDA 含量显著低于其他温度处理; 55 °C 热处理的枣果在贮藏的第 42 d、63 d 及 84 d 的 MDA 的含量与其他温度热处理的结果相比, MDA 含量最低且 MDA 含量的差异极其显著, 由此亦可推测 55 °C 处理的枣果

贮藏效果最好; 60 °C 处理的枣果贮藏 84 d 的 MDA 含量为 1.19 μmol/g, 显著高于其他温度处理。

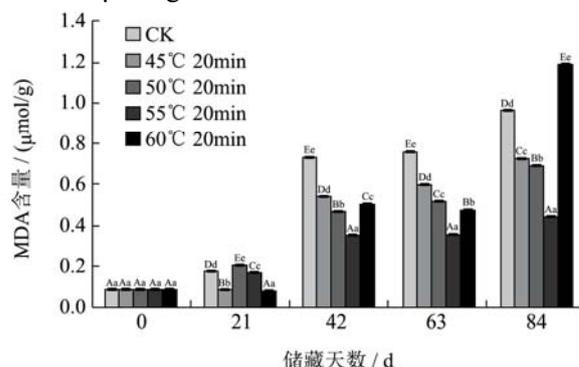


图 9 不同温度浸泡处理对中秋酥脆枣 MDA 含量的影响

Fig.9 Effects of different temperatures of soaking treatment on the MDA content of *Z. jujubevc. Zhongqiusucui*

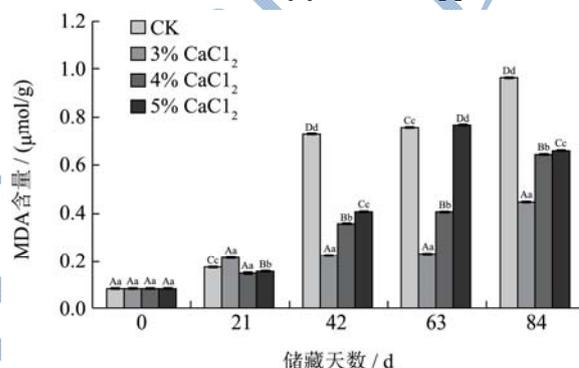


图 10 不同浓度 CaCl<sub>2</sub> 溶液浸泡处理对中秋酥脆枣 MDA 含量的影响

Fig.10 Effects of different concentrations of CaCl<sub>2</sub> solution soaking treatment on the MDA content of *Z. jujubevc. Zhongqiusucui*

由图 10 可知, 3% CaCl<sub>2</sub> 处理的枣果, MDA 含量上升最慢, 且在贮藏后期与其他处理的差异亦极其显著。由图 9~10, 热处理和 CaCl<sub>2</sub> 溶液浸泡处理均能减少 MDA 的产生, 55 °C 浸泡 20 min 与 3% CaCl<sub>2</sub> 浸泡的效果最好。

## 2.5 相关性分析

用 IBM SPSS Statistics 20.0 软件进行双变量相关性分析, T 检验结果如下表。

由表 1 可知, 采后浸泡处理之后的枣果, 在贮藏过程中的果实硬度、Vc 含量、可溶性总糖含量、还原糖含量、MDA 含量之间具有相关性。其中, 还原糖含量与可溶性总糖含量的 Pearson 相关系数为 0.64, 枣的果实硬度与 Vc 含量、还原糖含量与 MDA 含量呈极显著正相关, Pearson 相关性系数分别为 0.80 和 0.39; 中秋酥脆枣贮藏过程中的果实硬度 MDA 含量、Vc 含量 MDA 含量呈极显著负相关, Pearson 相关性

系数为-0.72 和-0.81; 枣的可溶性与枣的硬度和 Vc 含量无显著相关性。

表 1 不同处理的枣果在贮藏过程中枣果品质指标的相关系数

品质指标	果实硬度	Vc 含量	可溶性总糖含量	还原糖含量	MDA 含量
枣硬度	1				
Vc 含量	0.80**	1			
可溶性总糖含量	-0.06	0.07	1		
还原糖含量	-0.32**	-0.24**	0.64**	1	
MDA 含量	-0.72**	-0.81**	0.20*	0.39**	1

注: “\*\*”在 0.01 水平 (双侧) 上极显著相关, “\*”在 0.05 水平 (双侧) 上显著相关。

### 3 结论

3.1 本试验研究表明: 50 °C 或 55 °C 热水和 3% CaCl<sub>2</sub> 溶液浸泡处理 20 min 对中秋酥脆枣的贮藏保鲜的影响显著, 热处理抑制了枣果 Vc、可溶性总糖、还原糖含量的下降, 与柑橘贮藏中热处理的结果相同, 但与 Kumah 在“Keitt”芒果试验的结果存在差异<sup>[24,25]</sup>; 钙浸泡处理结果与钟曼茜、G. Lysiak 等发现 2% 钙处理有效提高水果贮藏性能相符<sup>[26,27]</sup>; 中秋酥脆枣在冷库贮藏后期会出现由真菌引起的霉变, 试验还发现入冷库贮藏前用 50 °C 或 55 °C 热处理中秋酥脆枣, 能减少枣果在贮藏过程中的腐烂率, 这与王雷之前在甜樱桃上的应用结果相一致, 都较好的保持了果实品质、显著减缓了果实硬度和 Vc 的下降速率<sup>[28]</sup>。此次本试验中所用的 3 个浓度的 CaCl<sub>2</sub> 溶液中, 最低浓度 CaCl<sub>2</sub> 溶液浸泡处理的枣果比其他两种较高浓度处理后的贮藏保鲜效果更好, 即本试验探究得到的最适 CaCl<sub>2</sub> 溶液浸泡处理浓度为 3%, 对更低浓度的 CaCl<sub>2</sub> 溶液浸泡对中秋酥脆枣保鲜效果的影响仍需进一步进行研究。前人都证明了贮藏过程中的呼吸速率与贮藏效果显著相关, 大部分果蔬进行适当温度的热处理能降低果实的呼吸, 如果在今后要继续对中秋酥脆枣的贮藏保鲜试验进行探究, 可对贮藏期间的枣果的呼吸作用和细胞壁结构的完整性进行检测, 才能使该实验结果的更具可靠性<sup>[29,30]</sup>。另外, 本试验结果还证明了用热水浸泡处理和 CaCl<sub>2</sub> 溶液浸泡处理都能减轻中秋酥脆枣贮藏后期的糖化现象, 延长该枣保鲜时间。

3.2 目前热处理这种物理保鲜方法在水果的应用越来越多, 热处理的方式不仅包括热水浸泡处理, 还包括热空气、微波加热等方式, 如热空气处理, 操作更加方便, 实用性高, 但不适的高温与处理时间会造成水果的损伤, 缩短水果的保鲜时间。针对钙盐在保鲜方面的研究也越来越多, 有关植物 Cl<sup>-</sup> 离子通道的研究越来越深入, 许多试验都考虑用 Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 代替 CaCl<sub>2</sub> 在果蔬保鲜中的应用, 且不适浓度的 Ca<sup>2+</sup> 离子在枣保

鲜的应用, 会造成果实变苦, 影响枣的风味。此次试验的两种方法在中秋酥脆枣的保鲜上初见成效, 大概能延迟鲜枣的贮藏时间约 7~14 d 左右, 但还不能满足企业需要延长大量鲜枣保鲜时间的要求。因此, 后期的探究方向应该放在热处理和更适当的 Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 浓度和浸泡时间上面, 同时可以考虑用热的 Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 溶液等浸泡处理, 考虑到当今社会对食品安全却来越重视, 可以考虑 Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 等保鲜剂与植物提取液如松针提取液等天然、绿色的保鲜剂共同使用, 以期找到最合适、最安全的保鲜剂和保鲜方式、达到最好的保鲜效果, 把枣产业的经济损失减少到更低, 也为其他果蔬的保鲜提供更好的借鉴。

### 参考文献

- [1] 王森, 谢碧霞, 钟秋平, 等. 枣新品种‘中秋酥脆枣’[J]. 园艺学报, 2009, 36(5): 771  
WANG Sen, XIE Bi-xia, ZHONG Qiu-ping, et al. A New *Zizyphus jujube* Cultivar ‘Zhongqiusucui’ [J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 2009, 36(5): 771
- [2] 邵兴锋, 苏秀榕, 潘磊庆, 等. 采后热处理在果蔬贮藏保鲜应用中的最新研究进展[J]. 果树学报, 2009, 26(5): 704-709  
SHAO Xing-feng, SU Xiu-rong, PAN Lei-qing, et al. Recent research development of postharvest heat treatment on the storage of fruits and vegetables [J]. *Journal of Fruit Science*, 2009, 26(5): 704-709
- [3] 贾志成, 郑加强, 黄雅杰, 等. 柑橘黄龙病热处理防治技术研究进展[J]. 农业工程学报, 2015, 31(23): 1-9  
JIA Zhi-cheng, ZHENG Jia-qiang, HUANG Ya-jie, et al. Review and prospect of thermotherapy for citrus Huanglongbing [J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE)*, 2015, 31(23): 1-9
- [4] 陈洪国, 彭永宏. 果实热处理保鲜技术研究(综述)[J]. 亚热带植物通讯, 2000, 29(2): 58-64  
CHEN Hong-guo, PENG Yong-hong. Study on fruit heat

- preservation technology (Review) [J]. Subtropical Plant Communication, 2000, 29(2): 58-64
- [5] Ariel R Vicente, Gustavo A Martinez, Pedro M Civello, et al. Quality of heat-treated strawberry fruit during refrigerated storage [J]. Postharvest Biology and Technology, 2002, 25(1): 59-71
- [6] 阎瑞香, 喻训勇, 于晋泽, 等. 热处理对常温贮藏樱桃西红柿采后品质及保鲜效果的影响[J]. 保鲜与加工, 2014, 14(2): 34-37  
YAN Rui-xiang, YU Xun-yong, YU Jin-ze, et al. Effects of different heat treatments on the postharvest quality and preservation of cherry tomatoes during storage at normal temperature [J]. Storage & Process, 2014, 14(2): 34-37
- [7] Harvery T Chan, Steven Y T Tam, Stabley T Seoc. Papaya poly galacturonase and its role in thermally injured ripening fruit [J]. Food Science, 1981, 46(1): 190-197
- [8] Sara Beirã o- da- Costa, Ana Steiner, Lú cia Correia, et al. Influence of moderate heat pre- treatments on physical and chemical characteristics of kiwifruit slices [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2008, 226(4): 641-651
- [9] Javier M Obando-Ulloa, Vanesca Jiménez, Alejandra Machuca-Vargas, et al. Effect of hot water dips on the quality of fresh-cut Ryan Sun peaches [J]. IDESIA, 2015, 33(1): 12-26
- [10] M Sayyari. Role of heat treatment, calcium chloride and potassium permanganate on storage life and fruit firmness of golden delicious apple (*Malus domestica* Borkh) [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2003, 6(4): 67-77
- [11] Biggs M S, Woodson, A K Handa, et al. Biochemical basis of high-temperature inhibition of ethylene biosynthesis in ripening tomato fruits [J]. Physiologia Plantarum, 1988, 72(3): 572-578
- [12] 屠康, 森本哲夫, 桥本康. 采后热处理对优化控制西红柿果实呼吸强度的影响[J]. 农业工程学报, 2004, 20(2): 199-203  
TU Kang, SENBEN zhe-fu, QIAO Ben-kang. Effect of postharvest heat treatment on respiration intensity of fruits in optimized control of tomatoes [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2004, 20(2): 199-203
- [13] 庞凌云, 李瑜, 詹丽娟, 等. 钙和热处理对青椒贮藏品质的影响[J]. 中国食品学报, 2013, 13(1): 112-117  
PANG Ling-yun, LI Yu, ZHAN Li-juan, et al. Effect of calcium and heat treatment on storage quality of green pepper [J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2013, 13(1): 112-117
- [14] Susan Lurie. Review Postharvest heat treatments [J]. postharvest Biology and Technology, 1998, 14(14): 257-269
- [15] 陈莉, 屠康, 赵艺泽, 等. 采后 1-MCP 和热处理对红富士苹果生理变化和贮藏品质的影响[J]. 果树学报, 2006, 23(1): 59-64  
CHEN Li, TU Kang, ZHAO Yi-ze, et al. Effects of 1- MCP and hot- air treatments on postharvest physiology and quality of Red Fuji apples [J]. Journal of Fruit Science, 2006, 23(1): 59-64
- [16] 寇莉萍, 刘兴华, 张重庆, 等. 热处理对轻度加工巨峰葡萄呼吸强度和贮藏品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2006, 32(5): 143-146  
KOU Li-ping, LIU Xing-hua, ZHANG Chong-qing, et al. Effect of heat treatment on respiration intensity and storage quality of mottled grape [J]. Food and Fermentation Industries, 2006, 32(5): 143-146
- [17] D E Irving, J C Pallesen, L H Cheah. Respiration and ethylene production in Kiwifruit following hot water dips [J]. Postharvest Biology and Technology, 1991, 1(2): 137-142
- [18] 郭晓敏, 王友升, 王贵禧, 等. 采后钙处理对"安哥诺"李果实的贮藏效果及抗氧化能力的影响[J]. 食品科学, 2010, 31(22): 467-472  
GUO Xiao-min, WANG You-sheng, WANG Gui-xi, et al. Effects of post-harvest calcium treatment on quality and antioxidant activity of angeleno plum fruits [J]. Food Science, 2010, 31(22): 467-472
- [19] Encarna Aguayo, Victor H Escalona, Francisco Artés. Effect of hot water treatment and various calcium salts on quality of fresh-cut 'Amarillo' melon [J]. Postharvest Biology and Technology, 2008, 47(3): 397-406
- [20] 李宁, 王维娜. 热和钙处理冬枣贮藏试验[J]. 中国果树, 2012, 21(1): 39-42  
LI Ning, WANG Wei-na. Heat and calcium processing jujube storage test [J]. China Fruits, 2012, 21(1): 39-42
- [21] 何秋香, 黎善雄, 陈新来, 等. 浸钙、壳聚糖浸泡和温烫处理对台湾青枣果实贮藏效果的影响[J]. 中国农学通报, 2013, 29(22): 129-134  
HE Qiu-xiang, LI Shan-xiong, CHEN Xin-lai, et al. The influences of the treatments calcium and chitosan and hot water on the storage of indian jujube fruits (*Ziziphus mauritiana* Lamk.) [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2013, 29(22): 129-134
- [22] 肖黎斌. 秦宝冬枣采后生理及贮藏保鲜技术研究[D]. 西安: 陕西师范大学, 2016

- XIAO Li-bin. Study on postharvest physiology, storage and preservation of *Zizyphus jujuba* cv "Qingbao" [D]. Xi'an: Shaanxi Normal University, 2016
- [23] 陈建勋.植物生理学实验指导(第二版)[M].广州:华南理工大学出版社,2015
- CHEN Jian-xun. Plant physiology experiment guide (Second Edition) [M]. Guangzhou: South China University of Technology Press, 2015
- [24] 林丽萍,叶明娥,陈于陇,等.采后赣南脐橙热水处理的保鲜效果[J].食品与发酵工业,2017,43(1):252-256
- LIN Li-ping, YE Ming-e, CHEN Yu-long, et al. Fresh-keeping effect of postharvest navel orange hot water treatment [J]. Food and Fermentation Industries, 2017, 43(1): 252-256
- [25] Kumah P. Effect of hot water treatment on quality and shelf-life of Keitt mango [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2011, 2(5): 806-817
- [26] 钟曼茜,黄绵佳,张史青,等.热处理和钙处理对番木瓜果实保鲜效果的比较研究[J].中国食物与营养,2016,22(6):55-59
- ZHONG Man-qian, HUANG Mian-jia, ZHANG Shi-qing, et al. Comparative study on preservation of papaya fruit by heat treatment and calcium treatment [J]. Chinese Food and Nutrition, 2016, 22(6): 55-59
- [27] Grzegorz Lysiak. Postharvest calcium chloride application and moisture barrier influence on peach fruit quality [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2008, 18(1): 100-105
- [28] 王雷,张华,张蕾蕾,等.甜樱桃采后热空气处理抑制青霉病的工艺优化[J].农业工程学报,2017,33(6):295-300
- WANG Lei, ZHANG Hua, ZHANG Lei-lei, et al. Process optimization of hot-air treatment on inhibition of blue mould infection for postharvest sweet cherry fruit [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2017, 33(6): 295-300
- [29] 赵云峰,林河通,王静,等.热处理抑制采后龙眼果肉自溶及细胞壁物质降解[J].农业工程学报,2014,30(11):268-275
- ZHAO Yun-feng, LIU He-tong, WANG Jing, et al. Inhibiting aril breakdown and degradation of cell wall material in pulp of harvested longan fruits by heat treatment [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2014, 30(11): 268-275
- [30] 陈瑶.热处理对柑橘果实采后保鲜效果的研究[D].南昌:江西农业大学,2014
- CHEN Yao. Effect of heat treatment on postharvest preservation of citrus fruit [D]. Nanchang: Jiangxi Agricultural University, 2014