

# 采后钙及热处理对葡萄柚果实贮藏期 细胞壁物质代谢的影响

邓 佳<sup>1</sup>, 刘惠民<sup>2</sup>, 张南新<sup>2</sup>, 严 毅<sup>2</sup>, 李贤忠<sup>2</sup>

(1. 北京林业大学 林学院, 北京 100083; 2. 西南林业大学 西南山地森林资源保育与利用省部共建教育部重点实验室, 云南 昆明 650224)

**摘 要:**以“里约红”葡萄柚果实为试材, 用 3%  $\text{CaCl}_2$ 、50℃热水单独、复合浸泡处理 5 min, 在室温(18±2)℃、相对湿度 85%~90%的环境条件下贮藏, 研究采后钙、热处理对葡萄柚果实的贮藏效果及细胞壁物质代谢的抑制作用。结果表明:采后钙、热处理有效控制了果实硬度下降、失重率上升, 维持果实共价结合型果胶(SCSP)、24%半纤维素(24KSF)含量, 降低了果实水溶性果胶(WSP)、果实离子型果胶(ESP)、4%果实半纤维素(4KSF)含量。其中, 以 3% $\text{CaCl}_2$ +50℃处理效果最佳, 贮藏 75 d 果实硬度、乙醇不溶物、果实共价结合型果胶(SCSP)、24KSF 分别比对照高出 21.31%、6.44%、22.60%和 50.46%。此外, 钙处理效果优于 50℃热处理。相关性分析结果表明, 果实硬度与细胞壁各组分呈显著相关。通过主成分分析构建的综合评价模型可知, 采后钙、热处理可提高贮藏期间葡萄柚果实质地综合品质, 抑制细胞壁物质代谢降解, 从而延长葡萄柚果实贮藏期。

**关键词:**葡萄柚; 细胞壁降解; 钙处理; 热处理; 主成分分析

**中图分类号:**S 666.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2013)02-0123-07

葡萄柚(*Citrus paradisi* Macf.)属芸香科柑桔属的植物, 为世界四大柑桔类群之一, 欧美等国家将其作为重要经济水果而被广泛种植, 其果实主要用于鲜食和果汁加工, 其副产品加工后被广泛用作膳食纤维、精油提取和食品添加剂等<sup>[1]</sup>。果实质地软化不仅与果实衰老密切相关还直接影响果实的口感、外观品质, 更易受到病原侵染缩短贮藏期, 葡萄柚果实采后贮藏过程中因质地软化易受到霉菌感染引发蒂腐病、绿霉病等生理性病害<sup>[2]</sup>, 不利于葡萄柚果实贮藏运输和加工利用, 从而使其失去商品价值。因此, 研究寻求减缓葡萄柚果实软化、延长其贮藏期的有效方法或途径, 具有重要的理论和实践意义。国内外大量研究结果表明, 采后外源钙、热处理能明显降低果实呼吸强度及细胞壁降解酶作用, 维持细胞壁结构与功能的稳定, 有效防止果实硬度下降, 维持质地品质, 提高果实抗病性, 防止生理病害, 延

长果实贮藏寿命和货架期<sup>[3-5]</sup>。Figuerola 等<sup>[6]</sup>、Ortiz 等<sup>[7]</sup>研究发现, 采后浸钙处理能显著抑制 Chilean 草莓、‘Golden Reinders’苹果细胞壁降解酶增加, 减缓细胞壁物质降解, 使水溶性果胶和离子型果胶含量维持较低水平, 有效防止硬度下降, 延长果实的货架期。Rodov 等<sup>[8]</sup>表明, 贮藏过程中柑橘果实失重和硬度下降与果皮蜡层结构有密切关系, 金桔和‘Marsh’葡萄柚经热水处理后在贮藏过程中质量减小速率减慢, 维持较高硬度, 减缓果实变软的进程。采后钙、热处理延缓呼吸跃变型果实成熟衰老已被广泛研究并报道, 对于非呼吸跃变型果实主要以草莓、枇杷、枣等果实为研究对象进行了相关研究, 而对柑橘类果实仅集中于对其风味品质变化方面的研究, 采后钙、热处理对柑橘类果实贮藏阶段细胞壁代谢影响尚鲜见报道。该试验以‘里约红’葡萄柚果实为试材, 研究了采后钙、热处理对果实贮藏过程中质地品质、细胞壁物质含量以及贮藏性的影响, 以期探讨细胞壁组分在葡萄柚软化过程中的变化机理, 为提高葡萄柚果实品质, 延长果实货架期提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试“里约红”葡萄柚采自云南省玉溪市嘎洒镇果园, 选择果实大小均匀, 成熟度一致, 无病虫害与机械损伤的果实当天运回西南林业大学森林培育重点实验室,

**第一作者简介:**邓佳(1983-), 女, 云南昆明人, 在读博士, 现主要从事果树栽培与利用等研究工作。E-mail: dengjia1983@163.com.cn.

**责任作者:**刘惠民(1957-), 男, 博士, 教授, 博士生导师, 现主要从事经济林栽培与利用等研究工作。E-mail: hmlu@swfu.edu.cn.

**基金项目:**国家林业局资助项目([2010]47); 云南省重点学科资助项目(XKZ200906); 云南省应用基础研究资助项目(210301)。

**收稿日期:**2012-08-27

用去离子水洗净,室温晾干待用。

## 1.2 试验方法

试验设 3 个处理,处理 1:用 3%  $\text{CaCl}_2$  浸泡果实 5 min,自然晾干后置于室温贮藏;处理 2:50℃ 热处理贮藏:将果实置于 50℃ 恒温水浴锅浸泡 5 min,自然晾干后置于室温贮藏;处理 3:3%  $\text{CaCl}_2$  + 50℃ 热处理:将果实置于 50℃ 恒温水浴锅浸泡 5 min,再用 3%  $\text{CaCl}_2$  浸泡 5 min,自然晾干后置于室温贮藏。以室温贮藏为对照(CK),即不做任何处理,室温( $18 \pm 2$ )℃,相对湿度 85%~90%贮藏。每个处理 70 个果实,每隔 15 d 随机从各处理中取 10 个果实进行相关指标测定。

## 1.3 项目测定

失重率采用电子天平重量法测定;果实硬度采用手持 GY-B 硬度计测定(果实去皮对称四侧测定);可溶性固形物含量采用手持糖量计测定。细胞壁多糖的提取参照 Redgwell 等<sup>[9]</sup>和 Vicente 等<sup>[10]</sup>的方法,首先提取乙醇不溶物(AIR),然后分步提取细胞壁水溶性果胶、离子型果胶、共价结合型果胶(分别以去离子水、50 mmol/L EDTA 和 50 mmol/L 碳酸钠抽提)、半纤维素多糖(分别以 4%和 24%KOH 抽提)。果胶含量、半纤维素含量分别用咔唑法、蒽酮法测定。

## 1.4 数据分析

所有测定指标均重复 3 次,用 SPSS 软件进行差异显著性分析( $P < 0.05$ )、相关性分析、主成分分析,用 SigmaPlot 软件计算和作图。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同处理对果实硬度及失重率的影响

2.1.1 果实硬度(Firmness)变化 由图 1 可知,采后钙、热处理对贮藏阶段葡萄柚果肉硬度下降有抑制作用,贮藏初期下降迅速,后期趋于平缓。整个贮藏阶段,处理 3 果实硬度显著高于 CK 处理,贮藏前期 30 d 以前,与处理 1、处理 2 无显著差异,贮藏后期 45~75 d,处理 3 显著高于处理 1 和处理 2。3 种处理,贮藏初期均显著高于 CK 处理,贮藏后期与 CK 无明显差异。贮藏过程中,处理 1、处理 2 间虽无明显差异,但处理 1 果实硬度值略

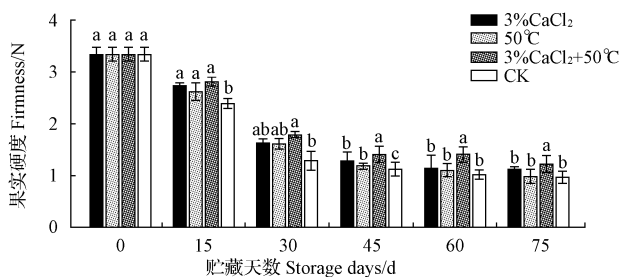


图 1 不同处理对果实硬度的影响

Fig. 1 Effect of different treatments on fruit firmness

高于处理 2。综合来看,葡萄柚果实贮藏初期硬度下降较快,采后钙、热处理在初期能维持较高硬度,且不同处理间差异显著,贮藏后期硬度下降减缓,除处理 3 显著高于 CK 外,其余处理间无明显差异。

2.1.2 果实失重率(Weight loss rate)变化 由图 2 可知,采后贮藏初期果实失水较快,随后失水率逐渐下降,45 d 左右失重率均达到最低水平,而贮藏后期果实失水率又迅速上升。贮藏过程中,处理 3 失水率维持在较低水平,均低于处理 1、处理 2,且显著低于 CK 处理。处理 1、处理 2 间失水率差异较小,且贮藏前期 2 个处理与 CK 处理无显著差异,而贮藏末期,处理 1 果实失水率显著低于处理 2。贮藏末期,3 个处理失水率均达最高值,CK 处理仍处于较高水平达 5%,约为处理 3 的 2 倍。综合来看,采后钙、热处理有效抑制了果实水分散失,处理 3 效果明显。

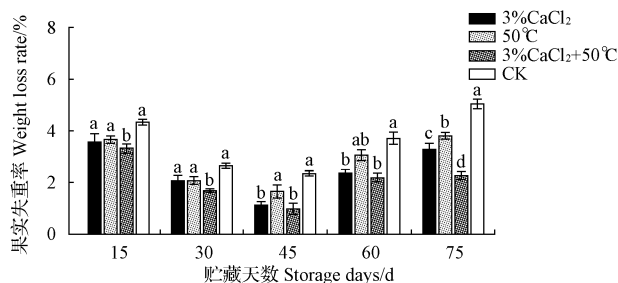


图 2 不同处理对果实失重率的影响

Fig. 2 Effect of different treatments on fruit weight loss rate

### 2.2 不同处理对果实细胞壁物质含量的影响

2.2.1 果实乙醇不溶物(AIR)含量变化 如图 3 所示,葡萄柚果实 AIR 含量在贮藏期整体呈略微“下降-上升-下降”趋势。贮藏过程中,3 个处理的 AIR 含量均高于 CK 处理,但无显著差异。综合来看,处理 2 对果实 AIR 含量的影响不大,而处理 1、处理 3 略优于处理 2,其中以处理 3 效果较好。说明钙及热处理对果实细胞壁降解有抑制作用。

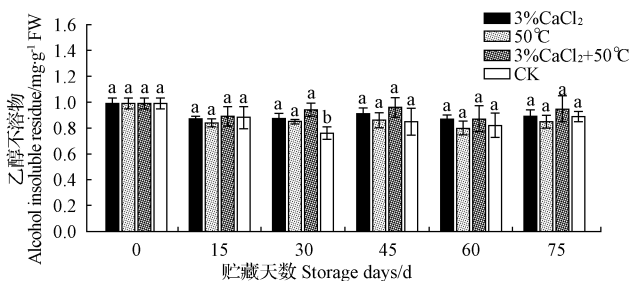


图 3 不同处理对果实乙醇不溶物含量变化影响

Fig. 3 Effect of different treatments on fruit alcohol insoluble residue

2.2.2 果实水溶性果胶(WSP)含量变化 由图4可知,贮藏过程中,不同处理果实 WSP 含量呈相同上升趋势,采收时 WSP 含量较低,随果实软化细胞壁降解,15~30 d 急剧升高,之后缓慢增加。贮藏过程中,不同处理间 WSP 含量差异显著,处理1、处理3明显抑制细胞壁降解,WSP 含量显著低于 CK 处理,且处理3效果最佳。处理2果实 WSP 含量在贮藏阶段与其它处理无显著差异,但 WSP 含量高于处理1和处理3而低于 CK 处理。贮藏期间,CK 处理的 WSP 含量始终处在较高水平,说明采后钙、热处理能够抑制贮藏期尤其是贮藏后期细胞壁降解,减缓 WSP 增加。

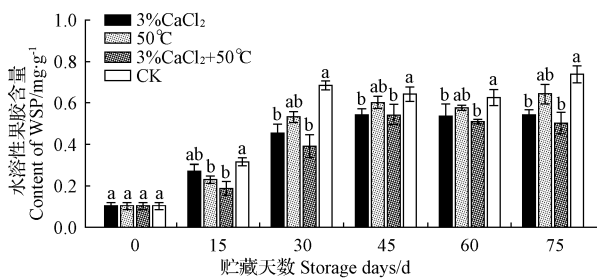


图4 不同处理对果实水溶性果胶含量变化影响

Fig. 4 Effect of different treatments on water soluble pectin composition

2.2.3 果实离子型果胶(ESP)含量变化 采后钙、热处理均显著降低果实 ESP 含量,使贮藏期果实维持较高硬度,其含量变化规律与 WSP 相似。贮藏前期,葡萄柚果实 ESP 含量较低,各处理与对照无显著差异,30 d 开始急剧升高,60 d 略有下降,之后缓慢上升(图5)。随着果实细胞壁降解,贮藏中、后期处理3抑制 ESP 增加,其含量显著低于 CK 处理。贮藏30 d,处理1、处理2果实 ESP 含量显著高于 CK 处理,贮藏后期无显著差异。贮藏过程中,处理2 ESP 含量整体高于处理1(除30 d 略低于处理1)。

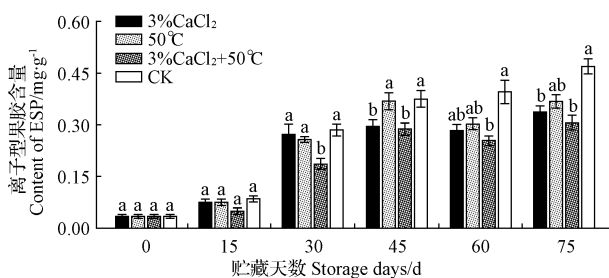


图5 不同处理对果实离子型果胶含量变化影响

Fig. 5 Effect of different treatments on ethylenediaminetetraacetic acid soluble pectin composition

2.2.4 果实共价结合型果胶(SCSP)含量变化 由图6可知,贮藏过程中葡萄柚果实 SCSP 含量变化与 WSP、ESP 相反,总体呈下降趋势,贮藏后期75 d 下降加快。

整个贮藏阶段处理3 SCSP 含量高于其它处理,显著高于 CK 处理。处理1亦抑制 SCSP 含量降低,但与 CK 处理差异不显著。处理2虽抑制 SCSP 降解,但其含量与 CK 处理相近,除30 d 显著高于 CK 处理,二者之间无显著差异。贮藏75 d,较采收时 SCSP 含量,处理3、处理1、处理2、CK 处理分别下降50.98%、56.52%、62.05%、64.28%,说明钙、热处理均能够不同程度地抑制果实细胞壁共价结合型果胶降解。

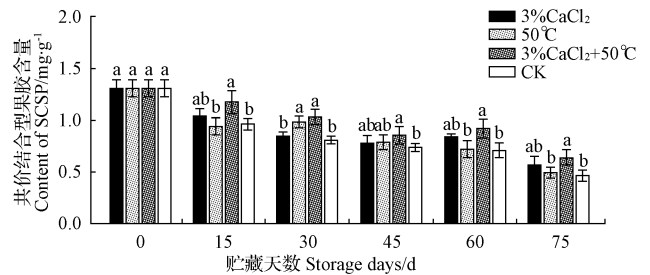


图6 不同处理对果实共价结合型果胶含量变化影响

Fig. 6 Effect of different treatments on sodium carbonate soluble pectin composition

2.2.5 果实半纤维素(4KSF、24KSF)含量变化 由图7、8可知,常温条件下,采后葡萄柚果实半纤维素降解,细胞壁物质4KSF 含量随贮藏时间延长而不断升高。采后钙、热不同处理不同程度抑制4KSF 含量增加,各处理效果由高到低依次为:处理3>处理1>处理2>CK。贮藏75 d后,钙、热不同处理果实4KSF 含量较对 CK 处理降低了17.18%~22.00%。处理3、处理1、处理2、CK 处理后,4KSF 含量较采收时分别增加33.35%、38.72%、41.57%、70.94%。贮藏过程中,不同处理间4KSF 含量差异显著,综合来看,采后钙、热处理能够抑制贮藏期半纤维素降解,延缓4KSF 含量增加。4KSF 细胞壁物质在整个贮藏期呈缓慢上升趋势,而24KSF 细胞壁物质则渐趋下降。从图8可以看出,果实细胞壁物质24KSF 含量在整个贮藏过程缓慢减少。各处理抑制效果为:处理3>处理1>处理2>CK,其中处理3、处理1显著抑制24KSF 降解,贮藏各阶段该指标含量均显著

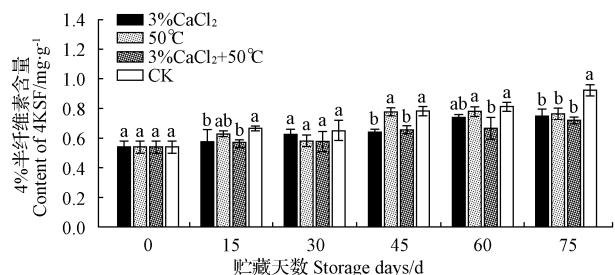


图7 不同处理对果实4%半纤维素含量变化影响

Fig. 7 Effect of different treatments on 4% hemicelluloses fraction composition

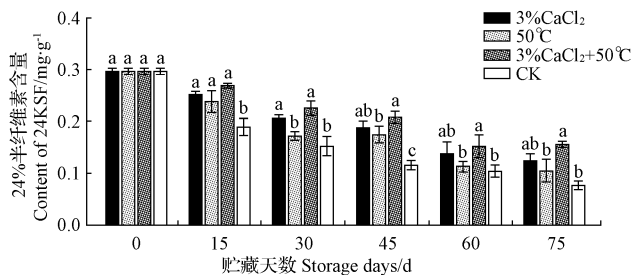


图8 不同处理对果实24%半纤维素含量变化影响

Fig. 8 Effect of different treatments on 24% hemicelluloses fraction composition

高于对照,而2个处理之间差异不显著。处理2在贮藏初、中期24KSF含量显著高于CK处理含量,末期与CK处理无显著差异。贮藏75 d后,CK处理24KSF含量低于其它处理,较处理3、处理1、处理2分别降低33.05%、38.10%和50.46%。说明采后钙、热处理均能够不同程度地抑制果实细胞壁物质24KSF降解。

### 2.3 果实硬度与细胞壁物质相关性分析

表1结果表明,“里约红”葡萄柚果实硬度与其细胞壁物质之间存在密切的相关性。不同条件处理下,果实硬度与WSP、ESP和4KSF均为负相关,而与SCSP和24KSF呈正相关。对照处理果实硬度与5种细胞壁物质呈极显著相关性。处理1果实硬度与WSP、ESP和4KSF极显著负相关,而与SCSP、24KSF显著正相关。处理2果实硬度分别与WSP、4KSF极显著负相关,与ESP显著负相关,而与SCSP、24KSF显著正相关。处理3除与WSP极显著负相关外,与ESP、4KSF和SCSP、24KSF分别呈显著负相关和显著正相关。说明,采后钙、热处理抑制果实细胞壁降解,减小各组相对含量变化,从而不同程度的降低了细胞壁各组与果实硬度的相关性。

表1 不同处理果实硬度与细胞壁物质含量相关性分析

Table 1 Person linear correlations between fruit firmness and cell wall fractions and enzymes in different treatments

处理 Treatments	水溶性 果胶 WSP	果实离子 型果胶 ESP	果实共价 型果胶 SCSP	4%果实半 纤维素 4KSF	24%果实半 纤维素 24KSF
处理1	-0.839 **	-0.774 **	0.566 *	-0.798 **	0.608 *
处理2	-0.843 **	-0.573 *	0.639 *	-0.815 **	0.589 *
处理3	-0.652 **	-0.565 *	0.521 *	-0.574 *	0.519 *
CK	-0.900 **	-0.780 **	0.785 **	-0.948 **	0.777 **

注: \* 显著线性相关, \*\* 极显著线性相关。

Note: \* and \*\* respectively indicate significant linear correlation of 0.05 or 0.01 level.

### 2.4 不同处理对葡萄柚果实质地品质主成分分析及综合评价

葡萄柚果实质地品质性状主成分分析中,按照累积

贡献率≥85.00%的标准,选取前2个主成分代表葡萄柚果实质地品质的8个指标(表2),对葡萄柚果实质地品质进行综合评价。从表2可以看出,第1、2主成分已基本保留所有指标的原有信息,可以用2个变量 $E_1$ 和 $E_2$ 代替原来的8个指标,得出2个主成分的线性组合分别为:

$$E_1 = 0.974X_1 + 0.236X_2 + 0.710X_3 - 0.975X_4 - 0.964X_5 + 0.951X_6 - 0.897X_7 + 0.969X_8,$$

$$E_2 = 0.186X_1 + 0.961X_2 - 0.195X_3 - 0.124X_4 - 0.097X_5 - 0.081X_6 + 0.290X_7 - 0.151X_8,$$

以特征值的贡献率为分配系数,构建综合评价模型: $E = 0.75456E_1 + 0.14184E_2$ 。

表2 2个主成分的特征值及贡献率

Table 2 Eigenvalues, contribution and cumulative contribution of 2 principal components

主成分 Principal components	特征值	贡献率 Contribution rate/%	累计贡献率/%
1	6.036	75.456	75.456
2	1.135	14.184	89.640

从表3可看出, $X_1$ (硬度)和 $X_2$ (失重率)在第1、2主成分中均为正值, $X_1$ 、 $X_2$ 分量分别在第1、2主成分中值最大,说明 $X_1$ 、 $X_2$ 分量与果实耐贮藏性呈正相关,其分量值越大,果实越耐贮藏。 $X_3$ (乙醇不溶物)在第1主成分中为正值且值最大,在第2主成分中为负值,表明 $X_3$ 分量与果实贮藏性呈正相关。 $X_4$ (水溶性果胶)和 $X_5$ (离子型果胶)这2个指标在第1、2主成分中系数均为负值,最大绝对值都出现在第1主成分中,可以看出 $X_4$ 和 $X_5$ 指标的分量越大,果实越不耐贮藏。 $X_6$ (共价结合型果胶)系数在第1主成分中为最大,亦为正值,说明 $X_6$ 分量与果实的耐贮藏性呈正相关。 $X_7$ (4%半纤维素)和 $X_8$ (24%半纤维素)系数最大值均出现于第1主成分中, $X_7$ 系数为负值,与果实耐贮藏性呈负相关, $X_8$ 系数为正值,该分量值越大果实越耐贮藏。

表3 主成分荷载矩阵

Table 3 Component matrix

编号 No.	指标	成份	
		1	2
$X_1$	硬度	0.974	0.186
$X_2$	失重率	0.236	0.961
$X_3$	乙醇不溶物	0.710	-0.195
$X_4$	水溶性果胶	-0.975	-0.124
$X_5$	离子型果胶	-0.964	-0.097
$X_6$	共价结合型果胶	0.951	-0.081
$X_7$	4%半纤维素	-0.897	0.290
$X_8$	24%半纤维素	0.969	-0.151

表 4 贮藏期不同处理综合评价变量

Table 4 Comprehensive evaluation variables in different treatments during storage

贮藏期 Storage days/d	处理 1		处理 2		处理 3		CK	
	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>
0	10.08	0.29	10.06	0.21	10.01	-0.03	10.23	0.9
15	4.93	0.71	3.7	0.91	6.39	0.36	2.52	1.62
30	-0.71	-0.91	-0.75	-1.02	2.9	-1.71	-4.1	-0.18
45	-2.12	-1.41	-4.89	-1.5	-0.61	-2.31	-5.83	-0.26
60	-3.48	0.3	-5.66	-0.03	-1.92	-0.67	-6.62	1.14
75	-4.9	1.03	-6.8	0.63	-3.33	-0.59	-9.11	2.54

分别对不同处理、贮藏时间葡萄柚果实质地品质进行综合评分(图 9)。不同处理葡萄柚果实质地品质均随贮藏时间延长呈下降趋势,且贮藏前期下降较快,这与图 1 中硬度的变化趋势一致。不同处理之间比较而言,处理 3 的葡萄柚果实质地品质最佳,在贮藏过程中综合得分都高于其它处理。处理 1 的果实综合得分整体高于处理 2,除 30 d 时 2 个处理综合得分相同处,整个贮藏期间,不同处理综合得分均为处理 3>处理 1>处理 2>CK,该结果与果实硬度变化趋势相符。

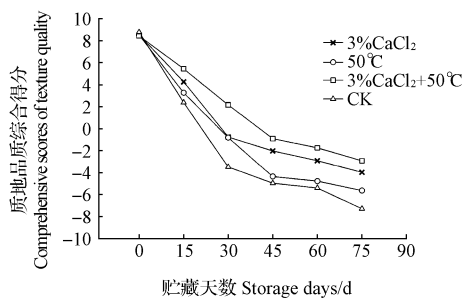


图 9 葡萄柚质地品质综合得分

Fig. 9 Comprehensive scores of grapefruit texture quality

### 3 讨论与讨论

果实细胞壁的主要成分为果胶、纤维素、半纤维素等多糖类,还有少量的蛋白质。细胞壁是以纤维素微纤丝网络为骨架,内填果胶、半纤维素、结构蛋白等衬质成份,各多聚体组分以各种化学键相互作用交联,也可以通过力学作用把长分子链交缠在一起,形成网络状结构,这些成份与联键构成了细胞壁机械性能的物质基础,它与果实硬度有密切关系<sup>[11-12]</sup>。果实质地软化与细胞壁变化有关,包括细胞壁结构和组成的复杂变化,细胞壁修饰酶参与的相互协调作用,导致细胞壁解聚,细胞壁组分转变,最终影响细胞壁硬度<sup>[13]</sup>。苹果、草莓、番木瓜和梨等果实成熟软化过程中,果胶和部分半纤维素多糖发生解聚、溶解<sup>[14-17]</sup>。蓝莓、桃成熟过程中,细胞壁纤维素、半纤维素网络结构发生降解,导致果肉组织的软化<sup>[10,18]</sup>。该研究结果显示,葡萄柚果实采收时果肉硬

度很高,细胞壁果胶物质以难溶紧密结合的共价结合型果胶(SCSP)为主,贮藏过程中随果实软化水溶性果胶(WSP)和离子型果胶(ESP)含量逐渐升高,共价结合型果胶(SCSP)含量降低,同时伴随紧密型半纤维素(24% KSF)降解向松散型半纤维素(4% KSF)转化。相关性分析表明,细胞壁各组分物质与硬度均达极显著相关水平,说明葡萄柚果实细胞壁组成成分的变化对果实软化起着重要作用,与前人在苹果<sup>[14]</sup>、草莓<sup>[15]</sup>等果实上的研究结果类似。

目前,关于柑橘类采后储藏保鲜的处理方法很多,如冷藏保鲜、气调保鲜、留树保鲜、钙处理和贮藏前热处理等,其中以贮藏前浸钙、热处理研究最为广泛。钙处理后,外源钙离子与细胞壁果胶半乳糖醛酸残基 C-6 羧基结合为“钙桥”,形成果胶酸钙胶,该物质对抑制中胶层溶解,限制细胞壁修饰酶降解作用,增加细胞壁机械强度,维持细胞壁结构的完整、稳定性具有重要作用<sup>[6,19-20]</sup>。该研究结果显示,3%CaCl<sub>2</sub>、3%CaCl<sub>2</sub>+50℃处理能明显延缓贮藏过程中细胞壁半纤维素的降解,并抑制细胞壁果胶成分从不溶性向可溶性的转化,推迟果实软化。3%CaCl<sub>2</sub>+50℃处理的葡萄柚果实硬度、细胞壁不可溶组分含量显著高于对照,且细胞壁可溶组分含量显著低于对照,这与前人的研究结果一致<sup>[10,14,18,21]</sup>。

果实表皮蜡层厚薄、分布对果实质量减小速率具有重要作用,从而影响果实的硬度。热处理使果皮层蜡质溶解并重新分布,抑制水分散失,降低果实失重率,保持果实硬度。此外,热处理能抑制细胞壁修饰酶活性,降低细胞壁物质的分解,减缓果实软化进程<sup>[22-24]</sup>。该试验结果表明,经热处理的葡萄柚果实贮藏过程中可溶性果胶含量升高及共价结合型果胶含量下降速度减慢,半纤维降解受抑。50℃热处理葡萄柚果实细胞壁不溶、可溶性组分含量分别高于、低于对照,且 3%CaCl<sub>2</sub>+50℃处理效果优于 50℃热处理,贮藏中后期果实硬度显著高于 50℃和对照处理,这与刘冰雁等<sup>[5]</sup>、Vicente 等<sup>[25]</sup>、Lara 等<sup>[26]</sup>在苹果梨、草莓的研究结果相似。

主成分分析法是利用几个较少的综合指标反映原来指标的一种统计方法,在果实品质研究已广泛应用于风味、营养和外观品质等方面。该研究通过主成分分析构建的综合评价模型发现,相比采后热处理,浸钙处理能更有效的延缓果实质地品质劣变,提高葡萄柚果实综合品质,其中 3%CaCl<sub>2</sub>+50℃热处理果实综合品质高于其它处理,这与钙、热处理对硬度的影响基本吻合。

采后浸钙处理显著抑制细胞壁紧密结合型果胶(共价结合型果胶)向松散型果胶转变(水溶性、离子型果胶)以及半纤维素的解聚,较好的保持果实质地品质,其效果优于热处理。综合来看,采后钙、热处理均明显减

缓贮藏期葡萄柚果实失重率上升,维持果实硬度,延缓贮藏过程中细胞壁共价结合型果胶和 24% 半纤维素降解,抑制了水溶性、离子型果胶含量上升。由此表明,采后钙、热处理通过增强细胞壁结构和功能的稳定性来维持果实硬度,延缓果实软化过程,延长葡萄柚果实货架期。

### 参考文献

- [1] Braddock R J. By-products of citrus fruits[J]. Food Technology, 1995, 49:74-77.
- [2] 廖炜. 柑橘采后储藏保鲜技术研究进展[J]. 中国市场, 2011, 660(49):28-29.
- [3] Hernández-Muñoz P, Almenar E, Valera D V, et al. Effect of chitosan coating combined with postharvest calcium treatment on strawberry (*Fragaria ananassa*) quality during refrigerated storage[J]. Food Chemistry, 2008(10):428-435.
- [4] Aguayo E, Escalona V H, Artés F. Effect of hot water treatment and various calcium salts on quality of fresh-cut *Amarillo melon* [J]. Postharvest Biology and Technology, 2008, 47:397-406.
- [5] 刘冰雁, 徐炯达, 朴宇, 等. 采后热、钙处理对‘苹果梨’组织衰老的影响[J]. 北方果树, 2010(5):7-9.
- [6] Figueroa C R, Opazo M C, Vera P, et al. Effect of postharvest treatment of calcium and auxin on cell wall composition and expression of cell wall-modifying genes in Chilean strawberry (*Fragaria chiloensis*) fruit[J]. Food Chemistry, 2012, 132:2014-2022.
- [7] Ortiz A, Graell J, Lara I. Cell wall-modifying enzymes and firmness loss in ripening ‘Golden Reinders’ apples: A comparison between calcium dips and ULO storage[J]. Food Chemistry, 2011, 128:1072-1079.
- [8] Rodov V, Ben-Yehoshua S, Albagli R, et al. Reducing chilling injury and decay of stored citrus fruit by hot water dips[J]. Postharvest Biology Technology, 1995, 5(1):119-127.
- [9] Redgwell R J, Curti D, Gehin-Delval C. Physicochemical properties of cell wall materials from apple, kiwifruit and tomato [J]. European Food Research and Technology, 2008, 227:607-618.
- [10] Vicente A R, Saladié M, Rose J K C, et al. The linkage between cell wall metabolism and fruit softening: Looking to the future[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2007, 87:1435-1448.
- [11] Willats W G T, McCartney L, Mackie W, et al. Pectin: cell biology and prospects for functional analysis[J]. Plant Molecular Biology, 2001, 47(1-2):9-27.
- [12] 曾秀丽, 张光伦, 闵治平, 等. 脐橙果实发育过程中细胞壁物质及其水解酶活性的变化[J]. 现代农业科学, 2008(9):6-11.
- [13] Fischer R L, Bennett A B. Role of cell wall hydrolases in fruit ripening [J]. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 1991, 42:675-703.
- [14] Wei J M, Ma F W, Shi S G, et al. Changes and postharvest regulation of activity and gene expression of enzymes related to cell wall degradation in ripening apple fruit [J]. Postharvest Biology and Technology, 2010, 56:147-154.
- [15] Figueroa C R, Rosli H, Cívello P M, et al. Changes in cell wall polysaccharides and cell wall degrading enzymes during ripening of *Fragaria chiloensis* and *Fragaria* × *ananassa* fruits[J]. Scientia Horticulturae, 2010, 124:454-462.
- [16] Sañudo-Barajas J A, Labavitch J, Greve C, et al. Cell wall disassembly during papaya softening: Role of ethylene in changes in composition, pectin-derived oligomers (PDOs) production and wall hydrolases[J]. Postharvest Biology and Technology, 2009, 51:158-167.
- [17] Murayama H, Katsumata T, Endou H, et al. Effect of storage period on the molecular-mass distribution profile of pectic and hemicellulosic polysaccharides in pears[J]. Postharvest Biology and Technology, 2006, 40:141-148.
- [18] Brummell D A, Cin V D, Crisosto C H, et al. Cell wall metabolism during maturation, ripening and senescence of peach fruit [J]. Journal of Experimental Botany, 2004, 55:2029-2039.
- [19] Sams C E. Preharvest factors affecting postharvest texture[J]. Postharvest Biology and Technology, 1999(15):249-254.
- [20] Luna-Guzmán I, Cantwell M, Barrett D M. Fresh-cut cantaloupe: effects of CaCl<sub>2</sub> dips and heat treatments on firmness and metabolic activity[J]. Postharvest Biology and Technology, 1999(17):201-213.
- [21] Chen F S, Liu H, Yang H S, et al. Quality attributes and cell wall properties of strawberries (*Fragaria annanassa* Duch.) under calcium chloride treatment[J]. Food Chemistry, 2011, 126:450-459.
- [22] Porat R, Pavoncello D, Peretz J, et al. Effects of various heat treatments on the induction of cold tolerance and on the postharvest qualities of ‘Star Ruby’ grapefruit [J]. Postharvest Biology and Technology, 2000(18):159-165.
- [23] Lurie S. Postharvest heat treatments[J]. Postharvest Biology and Technology, 1998(14):257-269.
- [24] 王青云, 龚吉军, 钟海雁. 柑橘果实采后热处理研究进展[J]. 食品科学, 2010, 31(11):316-319.
- [25] Vicente A R, Costa M L, Martínez G A, et al. Effect of heat treatments on cell wall degradation and softening in strawberry fruit [J]. Postharvest Biology and Technology, 2005, 38:213-222.
- [26] Lara I, García P, Vendrell M. Post-harvest heat treatments modify cell wall composition of strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) fruit[J]. Scientia Horticulturae, 2006, 109:48-53.

## Effect of Calcium and Hot Treatments on Cell Wall Metabolism During Grapefruit (*Citrus paradise* Macf.) Postharvest Storage

DENG Jia<sup>1</sup>, LIU Hui-min<sup>2</sup>, ZHANG Nan-xin<sup>2</sup>, YAN Yi<sup>2</sup>, LI Xian-zhong<sup>2</sup>

(1. College of Forestry, Beijing Forestry University, Beijing 100083; 2. Key Laboratory for Forest Resources Conservation and Use in the Southwest Mountains of China, Ministry of Education, Southwest Forestry University, Kunming, Yunnan 650224)

# 西瓜叶斑病防治新技术

闫丽娟, 王荣发, 杨兴安

(齐齐哈尔市园艺研究所, 黑龙江 齐齐哈尔 161005)

中图分类号: S 436.5 文献标识码: B 文章编号: 1001-0009(2013)02-0129-01

西瓜叶斑病又称斑点病, 为真菌性病害。西瓜叶斑病菌为瓜类尾孢, 属半知菌亚门真菌。菌丛生于叶两面, 叶面多, 子座无或小; 分生孢子梗 10 根以下簇生, 无分枝; 分生孢子无色或淡色, 倒棍棒形或针形或弯针形。

## 1 病原菌发病特点

西瓜叶斑病多发生在西瓜成长中期或后期, 主要危害叶片。尤其多雨季节发病并流行较快。病原菌以菌丝块或分生孢子在病残体及在种子上越冬, 第 2 年病原菌借气流及雨水传播, 从气孔侵入, 经 7~10 d 发病后产生新的分生孢子进行再侵染。

## 2 发病症状

叶面病斑较小, 直径 2~8 mm, 病斑的边缘褐色或

紫褐色, 近圆形或不规则形, 灰色或灰褐色, 病斑中间有 1 个白色中心, 稍有轮纹, 外围可见 1 个黄色晕圈。

## 3 防治方法

### 3.1 种子处理

用 50% 多菌灵可湿性粉剂 500 倍液浸种 30 min。

### 3.2 栽培措施

选用无病种子或与非瓜类蔬菜实行 3 a 以上轮作。

### 3.3 药剂防治

发病初期及时喷药: 常用药剂有 50 混杀硫悬浮剂 500~600 倍液, 50% 多硫悬浮剂 600~700 倍液, 每隔 10 d 左右防治 1 次, 连续防治 2~3 次。棚室栽培可用 45% 百菌清烟剂熏烟, 每 667 m<sup>2</sup> 用量 200~250 g; 或喷洒 5% 百菌清粉尘剂, 每 667 m<sup>2</sup> 用量 1 kg, 每隔 7~9 d 防治 1 次, 连续防治 2~3 次。

第一作者简介: 闫丽娟(1971-), 女, 本科, 高级农艺师, 现主要从事西甜瓜栽培育种工作。E-mail: qqherylj@163.com。

收稿日期: 2012-10-24

**Abstract:** 'Rio Red' grapefruit were dipped with 3% CaCl<sub>2</sub>, 50°C hot water for 5 min in individual or sequential, then stored at room temperature (18±2)°C, RH 85%~90%. The value of firmness, loss weight, alcohol insoluble residue and cell wall compositions were detected every 15 d during storage to investigate the effectiveness of postharvest calcium, hot treatments on inhibition of cell wall metabolism during grapefruit storage. The results showed that fruits with postharvest calcium and hot treatments showed effective inhibition in firmness reducing, weight loss, maintaining the content of SCSP, 24KSF, and reducing the content of WSP, ESP and 4KSF compared with control fruits. Ca+50°C treat was the best effect of all the treatments. After 75d, the content of the sample firmness, alcohol insoluble residue, SCSP and 24KSF were higher (21.31%, 6.44%, 22.60% and 50.46%, respectively) than those of the control sample. The loss weight, water soluble pectin, ethylenediaminetetraacetic acid soluble pectin, 4% hemicelluloses of the Ca+50°C sample were significant inhibition compare with control. Further, the calcium treatment provided better effect than 50°C treatment. The results of pearson line correlation analysis indicated that significant correlation between firmness and cell wall composition. Comprehensive model based on the principal components analysis showed that postharvest calcium and hot treatments could improve comprehensive texture quality of grapefruit during storage, whereas the application of Ca+50°C delayed the texture quality deterioration of grapefruit during storage period. Postharvest calcium, heat treatments maintain postharvest fruit texture quality which inhibited cell wall material metabolism degradation that prolonged the grapefruit fruit storage period.

**Key words:** grapefruit; cell wall metabolism; calcium treatment; hot treatment; principal components analysis