

新疆喀什甜石榴采后生理与贮藏保鲜技术

朱慧波, 张有林^{*}, 宫文学, 于月英

(陕西师范大学食品工程与营养科学学院, 西安 710062)

摘要: 论文研究了喀什甜石榴采后生理, 并用 6 种处理探讨了贮藏保鲜技术。对不同处理的石榴, 贮期测定了可溶性固形物含量、还原糖含量、可滴定酸含量、抗坏血酸含量。以鲜切石榴皮为材料, 测定了单宁含量、抗坏血酸氧化酶活性、过氧化物酶活性, 并对不同保藏期石榴果皮褐变指数、商品果率进行了测定。结果表明, 喀什甜石榴采后用质量分数为 4.5% 的 TBZ (噻苯咪唑) 粉剂用量 5 g/m³ 熏蒸 1.5 h, 然后用厚度为 0.02 mm 的塑料袋单果包装, 在温度为 (2±1)℃、相对湿度为 85%~90% 的冷库中贮藏 120 d, 商品果率 90% 以上, 贮后果皮色泽鲜艳, 酸甜适口, 具有较高的商品价值。

关键词: 贮藏, 生理, 温度, 喀什甜石榴, TBZ

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2009.12.059

中图分类号: S377

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2009)-12-0339-06

朱慧波, 张有林, 宫文学, 等. 新疆喀什甜石榴采后生理与贮藏保鲜技术[J]. 农业工程学报, 2009, 25(12): 339—344.
Zhu Huibo, Zhang Youlin, Gong Wenxue, et al. Postharvest physiology and storage technology of Xinjiang Kashi sweet pomegranate[J]. Transactions of the CSAE, 2009, 25(12): 339—344. (in Chinese with English abstract)

0 引言

新疆喀什甜石榴长期生长在干旱、强光照的砂质土壤, 与内地石榴相比, 果实个大、皮薄、着色好、汁多味甜、营养丰富^[1-3]。但由于喀什甜石榴采后萼筒对呼吸强度和蒸腾作用影响较大, 贮期极易出现果皮褐变^[4]、失水皱缩、籽粒花青素降解、果实腐烂^[5]等问题, 贮期很短。低温贮藏是目前石榴贮藏保鲜的一种常用方法, 如和保鲜剂联用, 对减轻果皮褐变和果实腐烂率具有重大意义。

石榴品种繁多, 栽培地区广泛, 不同产地的石榴采后生理和保鲜技术差异很大。Ben-Arie 等^[6]和 S.Nadan 等^[7]探讨了不同包装和贮藏温度对石榴保藏的影响, 认为低温单果套袋包装可有效延长石榴保藏期, 减少失重率; Artes 等^[8]研究了间歇升温对 Mollar 石榴保藏的影响, 得出在 0℃贮藏的石榴每隔 6 d 将温度升至 20℃保持 24 h, 贮期可达 80 d, 且无腐烂果; Hess-Pierce 等^[5]和 Bruno G. Defilippi 等^[9]运用调节气体成分对 Wonderful 石榴进行了成功贮藏, 结果证明 Wonderful 石榴在温度为 7℃、相对湿度为 90%~95%, 气体成分为 5 kPa O₂+15 kPa CO₂ (平衡 N₂) 的气调箱内可延长石榴贮藏期; Treglazova 等^[10]研究了采后钙处理对石榴品质和货架期的影响; S.H.Midehghan 等^[11]研究了采后热处理对石榴贮期品质的影响, 结果证明用 25℃蒸馏水浸泡石榴 4 min 然后置于 2℃可贮藏 90 d; 申琳等^[12]研究了低温贮藏对鲜切石榴

籽粒品质的影响; 张有林等^[4]研究了贮期石榴果皮褐变机理, 认为石榴贮期酶促单宁变性是果皮褐变的主要原因, 并提出在适宜的 pH 值、贮藏温度和气体成分条件下间歇升温贮藏, 能有效防止褐变。这些研究均不同程度的延长了石榴的贮藏期。以往研究侧重在温度、涂膜、气调等单因素方面, 本文则采用保鲜剂作不同处理 (涂膜熏蒸等) 结合低温贮藏的复合方法, 从采后贮藏中生理指标的变化来比较选择适用于新疆喀什甜石榴的保鲜技术。

1 材料与方法

1.1 试验材料

喀什甜石榴于 2008 年 9 月 25 日采自新疆喀什市, 挑选果实完全成熟, 果皮鲜艳, 果面出现光泽, 果棱显现, 籽粒饱满, 果实汁液可溶性固形物质量分数>17%, 无病虫害, 无机械伤, 果实大小均匀, 单果质量 300 g 以上。9 月 27 日空运至西安陕西师范大学食品学院果蔬保藏实验冷库, 在 5℃下预冷 3 d, 预冷期间进行试验处理。

1.2 处理方法

选用目前对果蔬贮藏效果好的保鲜剂作为石榴保鲜材料, 按表 1 作不同处理, 然后单果装入厚 0.02 mm 的塑料袋中, 在温度 (2±1)℃, 相对湿度 85%~90% 的冷库中贮藏。处理 5、6 不做任何处理, 直接套袋, 分别在低温和常温下贮藏作对照。

1.3 测定指标及方法

果实呼吸强度测定: 气流法; 果粒可溶性固形物含量测定: 手持折光仪法; 果粒还原糖含量测定: 参照 GB/T5009.7-2003 直接滴定法^[13]; 果粒可滴定酸含量测定: 标准 NaOH 滴定法; 果粒抗坏血酸含量测定: 2,6-二氯酚靛钠滴定法; 果皮单宁含量测定: Folin-Denis 比色

收稿日期: 2009-03-07 修订日期: 2009-05-27

作者简介: 朱慧波 (1983—), 男, 山西灵石人, 研究方向: 食品保藏技术。西安 陕西师范大学食品工程与营养科学学院, 710062。

Email: sp071@stu.snnu.edu.cn

*通信作者: 张有林 (1956—), 男, 甘肃镇原人, 教授, 博士, 研究方向: 果蔬采后生理及保鲜技术。西安 陕西师范大学食品工程与营养科学学院, 710062。Email: youlinzh@snnu.edu.cn

表 1 石榴试验处理方法
Table 1 Different treatments of pomegranate fruit

编号	处理名称	处理方式
1	TBZ 粉剂熏蒸	用质量分数 4.5% TBZ 粉剂用量为 5 g/m ³ 熏蒸 1.5 h, 后通风 4~6 h, 单果套袋贮藏
2	TBZ 乳剂浸果	TBZ 乳剂稀释 120 倍, 浸果 1 min, 风干后单果套袋贮藏
3	TBZ 乳剂+壳聚糖	在 0.5% 壳聚糖液 (称取 2.5 g 壳聚糖溶于 500 mL 1% 的柠檬酸溶液中, 加热至 50℃, 并不断搅拌, 溶解) 中加入 1% 的 TBZ 乳剂涂膜, 风干后单果套袋贮藏
4	硫磺粉熏蒸	硫磺粉 (用量为 4 g/m ³) 熏蒸 1.5 h, 后通风 4~6 h, 单果套袋贮藏
5	低温对照	不做任何处理, 单果直接套袋置于冷库 (2±1)℃ 贮藏
6	室温对照	不做任何处理, 单果直接套袋置于室温 (18±2)℃ 贮藏, 相对湿度 60%~70%

法; 果皮抗坏血酸氧化酶 (AAO) 活性测定: 碘液滴定法; 果皮过氧化物酶 (POD) 活性测定: 愈创木酚比色法; 果皮褐变程度用褐变指数判定

褐变指数 =
$$\frac{\sum(\text{各级褐变级别分值} \times \text{各级褐变面积百分数})}{\text{褐变最高级别分值} \times 100\%}$$

公式中各级褐变面积用透明厘米方格纸测定, 褐变级别及分值按果皮褐变颜色深度评判, 见表 2。

表 2 石榴果皮褐变级别分级表
Table 2 Evaluation of browning grades of pomegranate peel

褐变级别	果皮褐变情况	分值
0	果皮没有褐变, 光洁如初	0
1	果皮轻微褐变, 表面光滑	25
2	果皮明显褐变, 表面粗糙	50
3	果皮严重褐变, 表面凹陷	75
4	果皮完全变黑, 呈硬壳状	100

果实商品果率测定用统计法

商品果率 =
$$\frac{\text{有商品价值果数}}{\text{检查总果数}} \times 100\%$$

1.4 果实内部籽粒感官评价

由 5 名专业人员对不同处理石榴的果实籽粒从口感、色泽、香气 3 个方面进行感官评判, 评分标准见表 3。

表 3 石榴籽粒感官鉴评表
Table 3 Criteria of sensory evaluation for pomegranate kernels

评价内容	评价标准	分值
口感 (50 分)	籽粒新鲜, 酸甜可口, 风味突出	41~50
	籽粒较新鲜, 酸甜适中, 风味淡化	31~40
	籽粒不新鲜, 口感不佳, 风味寡淡	21~30
	籽粒不新鲜, 稍有异味, 风味较差	11~20
	籽粒变质, 异味浓烈, 风味极差	0~10
色泽 (35 分)	色泽红艳, 晶莹剔透, 粒间粘连紧密	21~35
	颜色暗红, 光泽暗淡, 粒间粘连疏松	11~20
	粒色褐变, 失去光泽, 籽粒严重分散	0~10
香气 (15 分)	香气怡人, 有石榴特有鲜香味	11~15
	香气寡淡, 无石榴特有鲜香味	6~10
	产生异味, 给人以不适感	0~5

1.5 数据处理与分析

试验数据采用 DPS 软件进行方差分析, 多重比较采用 Duncan 新复极差检验, 显著水平取 $p = 0.05$ (差异显著) 或 0.01 (差异极显著) [14]。所有数值均从石榴预冷 3 d 后计起, 即从处理之日算起。

2 结果与分析

2.1 室温下喀什甜石榴呼吸强度的变化

贮藏期间呼吸强度的变化可反映出果实的呼吸类型。从图 1 可以看出, 室温 (18±2)℃ 贮藏的喀什甜石榴前 6 d 呼吸强度下降比较快, 从 74 mg/(kg·h) 下降到 58.63 mg/(kg·h), 这可能是由于田间热引起的。其后趋于稳定, 贮期没有呼吸高峰出现, 由此可初步判定喀什甜石榴为呼吸非跃变型果实。

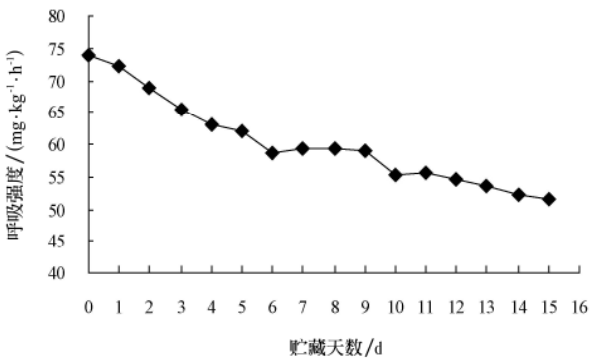


图 1 室温下喀什甜石榴呼吸强度的变化
Fig.1 Change of respiratory rate of Kashi sweet pomegranate at room temperature

2.2 不同处理对喀什甜石榴籽粒可溶性固形物的影响

由图 2 看出, 随着贮藏天数延长, 喀什甜石榴可溶性固形物含量呈下降趋势。室温贮藏 (室温对照) 的石榴籽粒可溶性固形物含量下降较快, 而低温贮藏 (低温对照) 变化幅度较小, 贮藏 60 d, 二者差异显著 ($p < 0.05$)。可见, 低温贮藏能有效保持可溶性固形物含量。

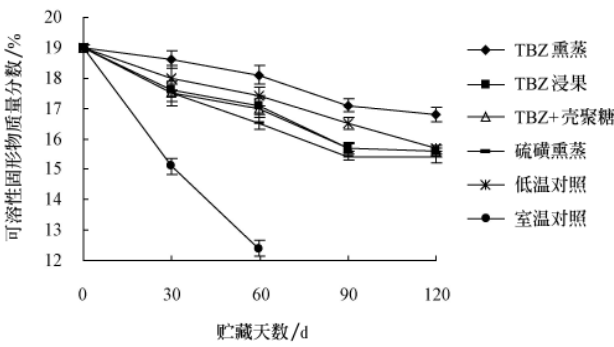


图 2 喀什甜石榴可溶性固形物含量的变化
Fig.2 Changes of total soluble solids content of Kashi sweet pomegranate kernels

贮藏 120 d, TBZ 熏蒸处理可溶性固形物质量分数由最初的 19% 下降到 16.8%, 下降幅度最小且与其他处理差异显著 ($p < 0.05$), 由此可见, TBZ 熏蒸能有效保持喀什甜石榴可溶性固形物含量。

2.3 不同处理对喀什甜石榴籽粒还原糖含量的影响

还原糖含量是评价贮期石榴营养品质和口感的主要指标。图 3 看出, 喀什甜石榴籽粒还原糖含量随着贮藏天数的延长均呈下降趋势。室温贮藏 (室温对照) 下降较快, 贮藏 60 d, 从 23.000 % 降到 12.001%, 低温贮藏 (低温对照) 下降幅度不大, 由最初的 23.000% 下降到 18.000%, 二者差异显著 ($p < 0.05$)。由此可见低温能有效保持喀什甜石榴还原糖含量。

贮藏 120 d, TBZ 熏蒸、TBZ 浸果、TBZ+壳聚糖 3 种处理还原糖含量均高于低温对照, 其中 TBZ 熏蒸处理还原糖质量分数下降幅度最小, 由最初的 23.000% 下降为 18.775%, 且与其他处理之间差异显著 ($p < 0.05$), 由此可见 TBZ 熏蒸能较好地保持喀什甜石榴还原糖含量。

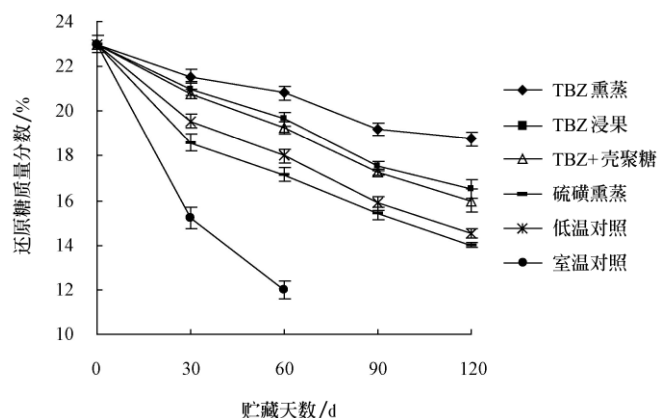


图 3 喀什甜石榴还原糖含量的变化

Fig.3 Changes of reducing sugar content of Kashi sweet pomegranate kernels

2.4 不同处理对喀什甜石榴籽粒可滴定酸含量的影响

可滴定酸含量是影响石榴风味品质的一个重要指标。图 4 看出, 贮期喀什甜石榴可滴定酸质量呈下降趋势。贮藏 60 d, 室温贮藏 (室温对照) 可滴定酸质量分数从最初的 0.704% 下降到 0.201%, 低温贮藏 (低温对照) 下降到 0.554%, 两者差异显著 ($p < 0.05$)。可见, 低温能有效减缓贮期喀什甜石榴可滴定酸含量下降幅度。

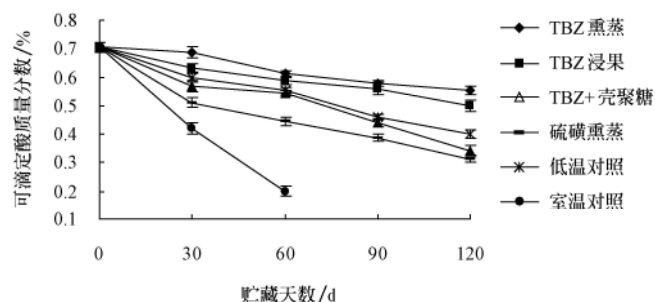


图 4 喀什甜石榴可滴定酸含量变化

Fig.4 Changes of titratable acidity content of Kashi sweet pomegranate kernels

贮藏 120 d, TBZ 熏蒸、TBZ 浸果可滴定酸含量均高于低温对照。TBZ 熏蒸由最初的 0.704% 下降到 0.555%, 与对照差异极显著 ($p < 0.01$)。由此可见, TBZ 熏蒸、TBZ 浸果均具有维持石榴可滴定酸含量的作用, 其中 TBZ 熏蒸处理保持可滴定酸含量效果最好

2.5 不同处理对喀什甜石榴籽粒抗坏血酸含量的影响

抗坏血酸是人体必需的营养物质, 具有抗氧化性, 是防止石榴褐变的重要成分, 可以作为评判石榴品质的重要指标。图 5 看出贮期各处理抗坏血酸含量均呈下降趋势, 其中室温贮藏 (室温对照) 下降幅度最大, 贮藏 60 d, 从最初的 15.730 mg/(100 g) 下降到 2.408 mg/(100 g), 而低温贮藏 (低温对照) 下降幅度相对较小, 60 d 时抗坏血酸质量分数为 10.245 mg/(100 g), 两者差异显著 ($p < 0.05$)。可见, 低温贮藏能有效保持喀什甜石榴抗坏血酸含量。

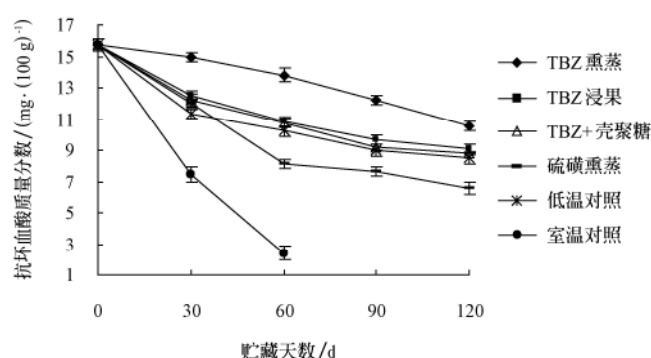


图 5 喀什甜石榴抗坏血酸含量的变化

Fig.5 Changes of ascorbic acid content of Kashi sweet pomegranate kernels

贮藏 120 d, TBZ 熏蒸、TBZ 浸果、TBZ+壳聚糖处理抗坏血酸含量均高于低温对照, TBZ 处理质量分数为 10.545 mg/(100 g), 且与其他处理差异极显著 ($p < 0.01$)。由此可见, TBZ 熏蒸能有效减缓抗坏血酸的转化速度。

2.6 不同处理对喀什甜石榴果皮单宁含量的影响

试验表明, 随着石榴果皮单宁含量的降低, 果皮褐变指数逐渐增大, 果实腐烂速度随之加快^[4]。图 6 看出, 整个贮藏期间石榴果皮单宁含量呈下降趋势。室温贮藏 (室温对照) 下降幅度最大, 从最初的 6.888% 下降到 0.565%, 低温贮藏 (低温对照) 下降幅度不大, 贮藏 60 d, 单宁质量分数为 4.027%, 二者差异显著 ($p < 0.05$)。低温贮藏有利于保持喀什甜石榴果皮单宁含量。

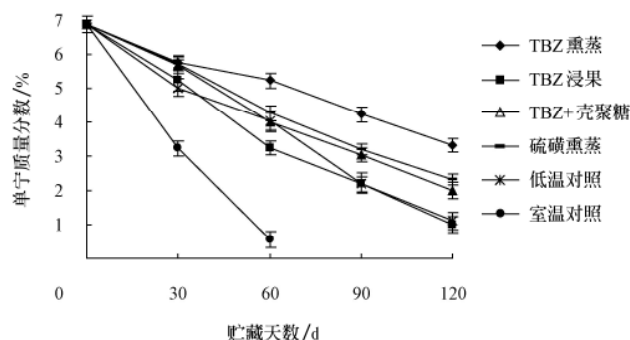


图 6 喀什甜石榴果皮单宁含量的变化

Fig.6 Changes of tannin content of Kashi sweet pomegranate peel

贮藏 120 d, TBZ 熏蒸、硫磺熏蒸、TBZ+壳聚糖 3 个处理效果均好于低温对照, TBZ 熏蒸单宁质量分数从最初 6.888% 下降到 3.325%, 下降幅度最小, 且与低温对照差异极显著 ($p<0.01$), 可见, TBZ 熏蒸有利于喀什甜石榴果皮单宁含量的保持。

2.7 不同处理对喀什甜石榴果皮抗坏血酸氧化酶 (AAO) 活性的影响

植物体内的抗坏血酸氧化酶 (AAO) 与空气接触时, 可以催化抗坏血酸氧化成脱氢抗坏血酸, 再经过一系列变化生成褐色素, 从而引起果蔬褐变。图 7 看出, 贮藏期间喀什甜石榴果皮抗坏血酸氧化酶活性呈上升趋势。室温贮藏 (室温对照) 上升最快, 贮藏 60 d, 由最初的 0.008 U/g 上升到 0.231 U/g, 低温贮藏 (低温对照) 上升到 0.056 U/g, 两个处理差异显著 ($p<0.05$)。可见, 低温能有效抑制 AAO 活性。

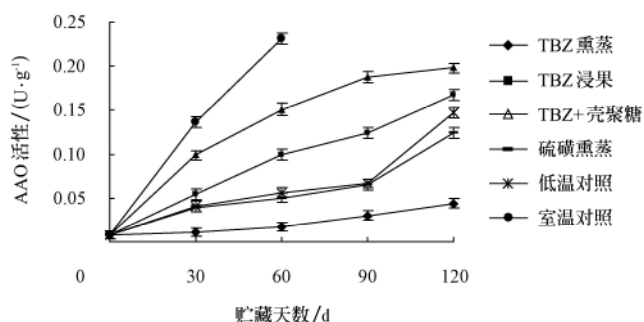


图 7 喀什甜石榴果皮抗坏血酸氧化酶活性变化

Fig.7 Changes of ascorbic acid oxidase activity of Kashi sweet pomegranate peel

贮藏 120 d, TBZ 熏蒸、硫磺熏蒸石榴果皮 AAO 活性明显低于低温对照, TBZ 熏蒸仅为 0.044 U/g, 上升幅度最小, 与低温对照差异显著 ($p<0.05$), 可见 TBZ 熏蒸有效抑制了 AAO 活性。

2.8 不同处理对喀什甜石榴果皮过氧化物酶 (POD) 活性的影响

过氧化物酶 (POD) 是催化酶促褐变反应的另一种主要酶类, 它在 H_2O_2 存在条件下能迅速氧化多酚类物质, 引起果蔬褐变。从图 8 可看出, 喀什甜石榴在整个贮藏期间果皮 POD 活性总体表现为上升趋势, 室温贮藏 (室温对照) 上升幅度最大, 贮藏 60 d, 由原来的 1.001 U/g

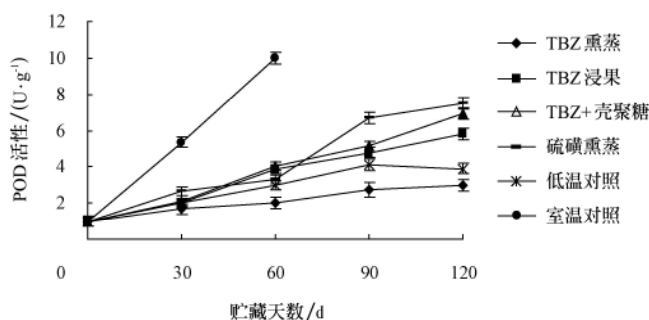


图 8 喀什甜石榴果皮过氧化物酶活性变化

Fig.8 Changes of peroxidase activity of Kashi sweet pomegranate peel

上升到 10.011 U/g, 低温贮藏上升幅度相对较小, 贮藏 60 d, POD 活性仅为 2.862 U/g, 二者差异显著 ($p<0.05$)。可见, 低温可抑制 POD 活性。

贮藏 120 d, TBZ 熏蒸处理石榴果皮 POD 活性上升幅度最小, 仅为 3.001 U/g, 该单位是以每分钟内吸光度值在 525 nm 处变化 0.01 为 1 个多酚氧化酶活力单位, 明显低于低温对照, 有效抑制了 POD 活性。

2.9 不同处理对喀什甜石榴果皮褐变指数的影响

果皮褐变指数是评价石榴保藏试验成功与否的重要指标。图 9 看出, 喀什甜石榴果皮褐变指数在整个贮藏期间均呈上升趋势。室温贮藏 (室温对照) 上升最快, 60 d 时褐变指数为 0.432, 低温贮藏 (低温对照) 仅为 0.081, 二者差异显著 ($p<0.05$)。低温减缓了果皮的褐变速率。

贮藏到 120 d 时, TBZ 熏蒸、硫磺熏蒸石榴果皮褐变指数均低于低温对照, 其中 TBZ 熏蒸果皮褐变指数为 0.099, 褐变程度最轻, 且与低温对照差异显著 ($p<0.05$), 可见, TBZ 熏蒸有效防止了果皮褐变。

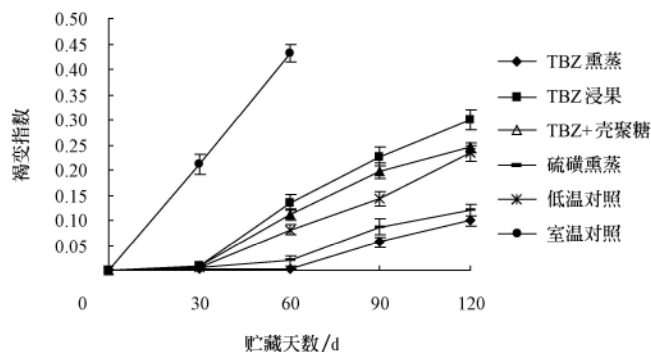


图 9 喀什甜石榴果皮褐变指数的变化

Fig.9 Changes of browning indexes of Kashi sweet pomegranate peel

2.10 不同处理对喀什甜石榴商品果率的影响

表 4 看出, 贮藏 60 d, 室温贮藏 (室温对照) 商品果率下降速度最快, 低温贮藏 (低温对照) 商品果率显著高于室温贮藏 ($p<0.05$)。低温贮藏能降低石榴腐烂率, 延长保藏期。

贮藏 120 d, TBZ 熏蒸处理商品果率达 93.5%, 且与其他处理差异显著 ($p<0.05$), 贮藏效果最好。

表 4 不同处理下贮藏喀什甜石榴商品果率变化表

Table 4 Changes of merchandise rate of Kashi sweet pomegranate fruits during storage of different treatments

编号	处理名称	贮藏天数/d				
		0	30	60	90	120
1	TBZ 熏蒸	100	100	100	98.4	93.5a
2	TBZ 浸果	100	100	92.4	81.8	66.7b
3	TBZ+壳聚糖	100	100	92.6	82.9	68.9b
4	硫磺熏蒸	100	100	90.9	80.4	67.7b
5	低温对照	100	100	94.4a	83.2	69.5b
6	室温对照	100	71.5	56.5b		

注: 具有不同字母的处理表示在 $p=0.05$ 显著水平上差异显著。

2.11 喀什甜石榴贮藏后内部籽粒感官评价

贮藏到 120 d，由 5 名专业人员对不同处理石榴内部籽粒从口感、色泽、香气 3 个方面按表 3 评价标准评分，计算平均值，评分结果见表 5。

表 5 不同处理石榴贮藏 120 d 内部籽粒感官评分
Table 5 Sensory evaluation of pomegranate kernels after 120 days storage of different treatments

编号	处理名称	口感	色泽	香气	总分
1	TBZ 熏蒸	45	33	13	91±1.03a
2	TBZ 浸果	35	27	11	73±0.85c
3	TBZ+壳聚糖	40	30	12	82±0.95b
4	硫磺熏蒸	38	22	9	69±1.25d
5	低温对照	35	27	13	75±0.75c

注：总分表示为平均数±标准误差，同一列中具有不同字母为差异显著 ($p < 0.05$)。

表 5 看出，TBZ 熏蒸处理贮藏的石榴籽粒在口感、色泽、香气诸方面均显著好于其他处理且得分与其他处理差异显著 ($p < 0.05$)，可见 TBZ 熏蒸有效地保持了石榴原有特色风味。

3 讨 论

S.M.Elyatem^[15]根据石榴果实采后 CO_2 的产生情况，认为石榴为呼吸非跃变型果实。Y.Shulman 等^[16]在研究大陆性和海洋性两种气候类型下 Mule HeaL 和 Wonderful 石榴的果实发育和成熟过程时发现，2 个品种的石榴果实呼吸为渐降型。本试验结果表明，喀什甜石榴采后贮藏呼吸强度逐步下降，无呼吸高峰出现，属于非跃变型果实，这与前人研究结果一致。

Maria I 等^[17]试验结果认为低温贮藏石榴 45 d 无腐烂果。本试验表明：低温条件下石榴籽粒可溶性固形物含量、还原糖含量、可滴定酸含量、抗坏血酸含量、商品果率以及感官评价等均高于室温条件下贮藏的石榴，果皮褐变指数低于室温对照。这些结果与 Nanda S 等^[7]研究结果一致。

果蔬涂膜保鲜是化学保鲜法的一种^[18]。刘雪静^[19]、张润光^[20]、郭亚力等^[21]运用天然多糖对采后石榴进行涂膜处理，均取得很好的保藏效果。本试验采用稀释 120 倍的噻苯咪唑乳剂和加入 1% 噻苯咪唑乳剂的 0.5% 壳聚糖两种方法涂膜，贮藏到 120 d 时发现这两种处理在果皮褐变指数、果实腐烂率方面均高于低温对照，说明喀什甜石榴不适宜这两种涂膜处理。但在籽粒某些营养指标以及感官评价方面优于对照，这可能是由于膜封闭了果蔬表面气孔，减少了蒸腾作用引起的水分损失，同时在一定时期内限制了气体交换，降低了呼吸速率，减少了籽粒营养物质损耗。

刘兴华等^[22]用 NaHSO_3 和干硅胶混合粉剂熏蒸处理石榴，发现能减轻石榴腐烂程度，这可能是 NaHSO_3 释放的 SO_2 抑制了石榴果皮酶的活性。为此，本试验采用 4 g/m^3 硫磺粉熏蒸（释放 SO_2 ）喀什甜石榴 1.5 h，然后单果套袋低温贮藏。结果发现，熏硫处理对喀什甜石榴果面伤害比较大，严重影响了果皮色泽，籽粒营养成分也

受到一定的影响，口感不好。但果皮表面的单宁含量高于对照，可见熏硫处理仅有利于果皮单宁含量的保持。

张有林等^[23]用噻苯咪唑 (thiabendazole, TBZ) 质量分数为 3% 的果蔬保鲜烟熏剂熏蒸蒜苔后套袋低温贮藏达 280 d。本试验采用质量分数为 4.5%、用量为 5 g/m^3 TBZ 熏蒸处理采后石榴 1.5 h，然后冷库单果套袋贮藏 120 d。TBZ 熏蒸处理很好地保持了喀什甜石榴籽粒的营养物质，并降低了果皮褐变指数和果实腐烂率，所测指标均优于其他处理，可见喀什甜石榴适宜 TBZ 熏蒸处理。

喀什甜石榴贮藏期间籽粒衰老、果皮褐变以及果实腐烂是复杂的生理生化作用结果，受多种因素的共同影响，本文只考虑了几种处理对石榴籽粒内部成分、果皮酶活性、褐变指数，商品果率的影响，而气体成分，微生物等对贮藏期石榴品质的影响仍需要深入研究。

4 结 论

1) 喀什甜石榴属于呼吸非跃变型果实，低温可有效延长保藏期。

2) 喀什甜石榴采后用质量分数为 4.5%、用量为 5 g/m^3 的噻苯咪唑粉剂熏蒸 1.5 h，用厚度为 0.02 mm 的塑料袋单果包装，在温度 $(2 \pm 1)^\circ\text{C}$ 、相对湿度 85%~90% 的冷库中存放，贮藏 120 d，商品果率达 90% 以上，贮藏后石榴籽粒可溶性固形物质量分数 16.8%，还原糖质量分数 18.775%，可滴定酸质量分数 0.555%，抗坏血酸质量分数 10.545 mg/(100 g)，果皮单宁质量分数 3.325%，果皮 AAO 活性 0.044 U/g，果皮 POD 活性 3.001 U/g，果皮褐变指数 0.089，果实外观和内部籽粒品质俱佳。

3) 其他诸如硫磺熏蒸，保鲜剂（噻苯咪唑乳剂）涂膜处理结合低温贮藏方法，效果反而不如单纯的低温贮藏，不适宜于新疆喀什甜石榴的保鲜。

[参 考 文 献]

- [1] 郝庆, 吴名武, 陈先荣. 新疆石榴栽培与内地的差异[J]. 新疆农业科学, 2005, 42(增): 41—44.
Hao Qing, Wu Mingwu, Chen Xianrong. The difference of pomegranate cultivation between Xinjiang and the interior of China[J]. Xinjiang Agricultural Sciences, 2005, 42 (supp.1): 41—44. (in Chinese with English abstract)
- [2] 薛晓珍. 新疆石榴的营养成分及用途[J]. 仪器仪表与分析监测, 2002, (3): 44—45.
- [3] 刘文江. 新疆石榴资源及其开发利用[J]. 干旱区研究, 2007, 24(2): 219—222.
Liu Wenjiang. Resources of punica granatum Linn. and its exploitation and utilization in Xinjiang[J]. Arid Zone Research, 2007, 24(2): 219—222. (in Chinese with English abstract)
- [4] Zhang Youlin, Zhang Runguang. Study on the mechanism of browning of pomegranate (*Punica granatum* L.cv. Ganesh) peel in different storage conditions[J]. Agricultural Sciences in China, 2008, 7(1): 65—73.
- [5] Hess-Pierce, Kader A A. Responses of 'Wonderful' pomegranates to controlled atmospheres[J]. Acta Hort, 2003, 600(1):751—757.

- [6] Ben-Arie R, Or E. The development and control of husk scald on 'Wonderful' pomegranate fruit during storage[J]. *J Am Soc Hort Sci*, 1986, 111: 395—399.
- [7] Nanda S, Rao D V S, Shantha K, et al. Effects of shrink film wrapping and storage temperature on the shelf life and quality of pomegranate fruits cv Ganesh[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2001, 22(1): 61—69.
- [8] Artés F, Tudela J A, Gil M I. Improving the keeping quality of pomegranate fruit by intermittent warming *Z Lebensm Unters Forsch*, 1998, 207: 316—321.
- [9] Bruno G Defilippi, Bruce D Whitaker, Betty M Hess-Pierce, et al. Development and control of scald on wonderful pomegranate during long-term storage[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2006, 41: 234—243.
- [10] Treglazova N V, Fataliev A T. The effect of treatment with calcium chloride on pomegranate fruit storage[J]. *Sadovodstvo-i-Vinogradarstvo*, 1989, 9: 25—27.
- [11] Mirdehghan S H, Rahemi M, Martinez-Romero D, et al. Reduction of pomegranate chilling injury during storage after heat treatment: Role of polyamines[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2007, 44: 19—25.
- [12] 申琳, 王茜, 陈海荣, 等. 低温贮藏对鲜切石榴籽粒品质及活性氧代谢的影响[J]. *中国农业科学*, 2008, 41(12): 4336—4340.
Shen Lin, Wang Qian, Chen Hairong, et al. Influence of low temperature on the quality of fresh-cutting pomegranate kernels[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2008, 41(12): 4336—4340. (in Chinese with English abstract)
- [13] GB/T 5009.7—2003, 食品中还原糖的测定[S].
- [14] 刘魁英, 王有年, 李永利, 等. 食品研究与数据分析(第2版)[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2005: 106—110.
- [15] Elyatem S M, Kader A A. Post-harvest physiology and storage behavior of pomegranate fruits[J]. *Sci Hort*, 1984, 24: 287—298.
- [16] Shulman Y L, Falnberstein, Lavee S. Pomegranate fruit development and maturation[J]. *J Hort Sci*, 1984, 59(2): 265—274.
- [17] Maria I, Gil-Ramon Sanchez-J, Gines Marin, et al. Quality changes in pomegranates during ripening and cold storage[J]. *Z Lebensm Untersc*, 1996, 202: 481—485.
- [18] 王昕, 李建桥, 任露泉. 果蔬可食涂膜保鲜的应用和发展[J]. *农业工程学报*, 2004, 20(2): 284—287.
Wang Xin, Li Jianqiao, Ren Luquan. Application and development of edible coatings for fruits and vegetables[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2004, 20(2): 284—287. (in Chinese with English abstract)
- [19] 刘雪静. 石榴涂膜保鲜的研究[J]. *枣庄师专学报*, 2001, 18(5): 58—61.
Liu Xuejing. Greenness keeping studies of pomegranate in form of film dualing[J]. *Journal of Zaozhuang Teachers' College*, 2001, 18(5): 58—61. (in Chinese with English abstract)
- [20] 张润光, 张有林, 张志国. 三种涂膜保鲜剂对石榴果实贮藏期品质的影响[J]. *食品工业科技*, 2008, 29(1): 261—264.
Zhang Runguang, Zhang Youlin, Zhang Zhiguo. Effects of three kinds of coating antistaling agent on storage quality of pomegranate fruit[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2008, 29(1): 261—264. (in Chinese with English abstract)
- [21] 郭亚力, 张丽, 郭俊明, 等. 四种天然多糖涂膜剂石榴保鲜研究[J]. *食品科技*, 2005, (8): 85—87.
Guo Yali, Zhang Li, Guo Junming, et al. Study on protecting pomegranate fresh[J]. *Food Science and Technology*, 2005, (8): 85—87. (in Chinese with English abstract)
- [22] 付娟妮, 刘兴华, 蔡福带, 等. 石榴贮藏期腐烂病害药剂防治试验[J]. *中国果树*, 2005, (4): 28—30.
- [23] 张有林, 张润光. 蒜苔低温、限气、保鲜剂联用贮藏技术研究[J]. *农业工程学报*, 2005, 21(4): 167—171.
Zhang Youlin, Zhang Runguang. Integrated preservation technologies of low temperature storage, controlled atmosphere packaging with silicon window bags and thiabendazole fumigation for garlic shoot storage[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2005, 21(4): 167—171. (in Chinese with English abstract)

Postharvest physiology and storage technology of Xinjiang Kashi sweet pomegranate

Zhu Huibo, Zhang Youlin^{*}, Gong Wenxue, Yu Yueying

(College of Food Engineering and Nutritional Science, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062, China)

Abstract: The storage technology of Kashi sweet pomegranates was explored by investigating the postharvest physiology under six different treatments. The soluble solids contents, reducing sugar contents, titratable acid contents and ascorbic acid contents were measured for the sweet pomegranates with different treatments. The fresh-cut pomegranate skin was taken to measure the tannin contents, the ascorbic acid oxidase activity and the peroxidase activity. The pericarp browning index and the merchandise fruit rate was measured during the preservation period. The experimental results showed that the postharvest Kashi sweet pomegranates which were fumigated for 1.5 h with 4.5% TBZ at the rate 5 g/m³ and then each packaged with 0.02-mm-thick plastic bag could keep a merchandise fruit rate of more than 90% after stored for 120 days in a cold storage house with temperature (2±1)°C and relative humidity of 85%–90%. The pomegranates after storage appear generally sweet and sour taste, brightly-colored pomegranates skins and have a high value in merchandise.

Key words: storage, physiology, temperature, Kashi sweet pomegranate, TBZ