

石榴果实贮期生理变化与采后保鲜技术研究进展

胡青霞¹, 张丽婷¹, 李洪涛², 吴亚君¹, 陈延惠^{1*}

(1. 河南农业大学 园艺学院, 河南 郑州 450002;

2. 郑州市城市园林科研所, 河南 郑州 450003)

摘要: 贮藏保鲜技术是拉长石榴产业链的技术保障, 是石榴丰产丰收的关键环节。概述了贮期果实品质变化及病害发生情况, 综述了近年来国内外石榴果实采后生理变化及石榴采后保鲜技术的研究进展, 并指出了当前存在的问题。

关键词: 石榴; 采后生理; 保鲜技术

中图分类号: S565.6 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-3268(2014)03-0005-07

Research Progress on Physiological Changes during Storage and Postharvest Preservation Technology of Pomegranate Fruits

HU Qing-xia¹, ZHANG Li-ting¹, LI Hong-tao², WU Ya-jun¹, CHEN Yan-hui^{1*}

(1. College of Horticulture, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China;

2. Zhengzhou Landscape Science Research Institute, Zhengzhou 450003, China)

Abstract: The application of storage and preservation technology provides an important guarantee for the development of pomegranate industry. This paper reviewed the quality changes and disease occurrence of pomegranate fruits during storage in China and overseas, and summarized the research progress on physiological changes and the technology for preserving the fruits. Furthermore, the main current problems were pointed out.

Key words: pomegranate; postharvest physiology; preservation technology

石榴(*Punica granatum* L.)为石榴科(Punicaceae)石榴属(*Punica* L.)植物, 属落叶果树, 灌木或小乔木。原产中亚地区, 后向东传播到中国。石榴以其较高的经济价值、营养价值、医药价值和保健功能, 越来越受到消费者的青睐。国内外石榴产业迅猛发展, 近些年来, 我国石榴的栽培面积逐步扩大, 2012年其种植面积达12.33万hm², 产量达150万t, 已跃居世界第一(石榴生产大国印度的产量为110万t)^[1]。生产效益也日益提高, 石榴已发展成为我国重要的特产果树。随着石榴面积和产量的日益提高, 贮藏保鲜技术的应用就显得越来越重要。过去, 果农和销售商普遍采用传统的缸藏法、堆藏法等进行短期的周转性贮藏, 这种方法一般都贮量少、

贮期短, 导致产品上市集中, 难以获得季节差价; 贮藏中不仅损耗大(腐烂率和虫果率偏高), 而且果皮褐变、失水皱缩现象严重, 难以满足市场和消费者的需要。近些年来, 冷库贮藏成为石榴贮藏的主要方式, 这种方法不仅延长了石榴的贮藏期限, 而且也能较好地保持果实的商品外观, 但在贮藏后期普遍出现果皮完好而果实籽粒鲜度丧失、颜色加深或褐化、风味寡淡等问题。总之, 石榴的采后贮藏环节已经成为影响石榴产业发展的瓶颈, 因此, 应用保鲜技术, 解决石榴贮期存在的问题, 提高果实品质成为广大科研工作者研究的热点之一。就石榴贮藏中容易出现的问题, 对石榴贮期生理特性的研究现状和采后保鲜技术的研究进展进行了综述, 以便为解决石

收稿日期: 2013-06-20

基金项目: 河南省科技成果转化项目(30600525)

作者简介: 胡青霞(1971-), 女, 河南洛阳人, 副教授, 主要从事果实采后生理和贮藏保鲜研究。E-mail: hortdept@126.com

* 通讯作者: 陈延惠(1963-), 女, 河南南阳人, 教授, 主要从事果树遗传育种和栽培生理研究。E-mail: chenyanhui188@163.com

石榴贮藏中出现的新问题提供理论参考,也为产业的高效发展提供技术保障。

1 石榴果实贮期生理变化研究

1.1 影响贮期生理特性的因素

1.1.1 采前因素 采前因素中温度、光照、湿度、土壤管理、病虫害防治、栽培修剪、花果管理等均影响石榴采收时表皮保护组织的组成、干物质的含量、生理代谢强度及带菌量等,因此也影响产品的贮藏性能。贮藏实践中发现有龟裂口的果实在贮藏的高湿度条件下容易发生软腐现象,若环境湿度低,则失水严重,且有干腐现象发生;栽培中去除萼筒内花丝的果实不易发生腐烂和出现虫果的现象,而萼筒内塞药土则容易发生腐烂现象;不进行任何处理的不仅容易发生腐烂,而且也容易出现虫果;定干过低,果实下垂至离地 20~30 cm 以下的,由于雨水进溅,导致萼片接触到含有病原菌的土壤,果实在贮藏中也易发生干腐现象。采前因素直接影响着贮藏产品的品质、生理代谢的强度及其带菌量,也直接决定着石榴贮藏期限的长短,而这些方面尚未见系统的研究及报道。

1.1.2 采收 采收是栽培的最后一环,也是贮藏的开始。采收时果实的成熟度直接决定着果实的生理特性。石榴是非跃变型果实,采收过早,呼吸强度高,而采收过晚,果皮易发生开裂现象,如何根据市场需求确定贮藏要求,根据贮藏要求确定适宜的采收成熟度对于石榴的贮藏至关重要。已有研究报道,石榴成熟过程中多酚类物质逐渐减少,可溶性固形物含量(SSC)逐渐增加,但是,石榴籽粒中所含 SSC 的多少及多酚类物质含量与贮藏期限存在什么样的关系,尚未见相关的报道。

1.1.3 采后因素 采后因素主要有贮藏环境的温度、湿度、气体浓度和果实的净度,即“四度”^[2-3]。

1.1.3.1 温度 温度是采后石榴质量控制最关键的因素,主要表现在对其呼吸作用的影响上。各地石榴都有较适宜的贮藏温度,一般来说,产于寒温带的石榴耐受较低的温度,而产于热带、亚热带的石榴对低温较敏感。山东省枣庄峄城区大多数品种适宜的贮藏温度为 0~2℃,最高不能超过 3℃。冷害温度为 -1~0.5℃,温度波动幅度 < 0.5℃^[2-3]。陕西的净皮甜、天红蛋等石榴的适宜贮藏温度为 3~5℃,如果超过 8℃,果实在贮藏中即出现大量的果皮褐变现象,而贮藏温度在 0℃左右时,虽然贮藏中没有出现果皮褐变现象,但当果实处于 15℃(货架期温度)时,仅 1~3 d 即出现大量的褐变现象^[4]。

石榴贮藏的最佳温度应该是能使石榴生理活动降低到最低限度而又不会导致生理失调的温度,值得提出的是,最佳温度要考虑石榴出库后其货架期的表现。若温度升高,呼吸作用加强,后熟衰老加快,水分、养分损耗加速;不适宜的冰点以上低温又使石榴发生冷害,果皮会变黑、干缩,籽粒出现品质劣化,有的即使在贮藏温度下没有出现冷害症状,但在室温下(20℃左右),其货架寿命大大缩短。若置于冰点以下,则会发生冻害,组织内细胞间隙会形成冰晶体,从而会对组织细胞发生不可逆性破坏。贮藏实践中,离冷凝器距离过近的或在出风口附近的果实容易发生冷害或冻害,若码垛没有注意考虑“三离一隙”,导致通风不良,也会使库内某些部位出现低温失调现象。

1.1.3.2 湿度 湿度是石榴贮藏保鲜的重要因素,它通过影响蒸汽压来影响石榴组织水分的保持及其新鲜度。果实与空气的饱和蒸汽压差越大,果实失水的速度就越快。石榴贮藏的适宜相对湿度(RH)为 90%~95%,在这种高湿度的贮藏环境中,温度的稳定程度直接决定着结露现象的发生与否,一般在低温条件下温度上下浮动 1℃就可导致结露现象的发生,而结露现象产生的游离水对于病菌孢子的萌发起着决定作用。湿度过低,或通风过于频繁,果皮则失水干缩、褐变,严重降低商品价值。

1.1.3.3 气体 控制环境在一定的温湿度条件的前提下,可通过调节贮藏环境的气体成分达到比单纯降温调湿更好的贮藏效果。环境中的 O₂ 浓度过高会加速呼吸作用,加快石榴养分损耗。降低环境中 O₂ 的浓度,呼吸作用就会受到抑制。通常情况下, O₂ 浓度降到 5% 以下,石榴的呼吸强度才会明显降低。低 O₂ 浓度还可能推迟一些果实跃变高峰的出现,但 O₂ 浓度过低会诱发无氧呼吸,呼吸底物消耗增加,同时积累乙醇、乙醛等物质,从而导致低氧伤害。调节贮藏环境的气体浓度能有效抑制呼吸作用,减少贮藏病害的发生,降低贮藏病害扩散的速度。胡云峰等^[5]研究表明,适宜低温条件下,2%~4% O₂ 是石榴贮藏的适宜气体指标。石榴较适宜的 CO₂ 浓度为 1.5%~6.0%,短时间(5~15 h)的高浓度 CO₂ 处理对石榴贮藏保鲜有利。外源乙烯对石榴成熟衰老影响不大^[2-3]。

1.1.3.4 净度 净度可分为贮藏环境净度和石榴自身的净度。贮藏环境的及时清理和消毒对减少菌群基数,减少石榴发病率至关重要。石榴采收及采后果蒂部位的修整、萼筒内的干净程度等对石榴贮藏效果的影响也不容忽视。石榴的果柄是木质化

的,不象苹果那样会自然产生离层,采摘时要用专用的枝剪进行,并注意将果柄修平,以免扎伤其他果实。

1.2 贮期品质变化

1.2.1 外观 石榴果实圆形或扁圆形,顶端有宿存的花萼,果皮上分布有皮孔,组织疏松,颜色由黄绿、黄到深红依品种不同而变化,包被着可食、多汁的籽粒,籽粒被白色的略带涩味的隔膜分隔成5~10室。由于石榴果皮的多孔性,萼筒的筒状结构及萼片内部幼嫩的组织使其极易失水皱缩^[6]。成熟的石榴鲜质量降低5.82%~6.32%时,石榴即开始发生皱皮、萎蔫现象;失水达20%~30%时,果皮变干且紧缚子房,果棱突出,果实明显缩小。刘兴华等^[7]研究认为,贮藏过程中由于蒸腾与呼吸作用,石榴籽粒和果皮中的含水量均逐渐下降,且果皮含水量下降速度明显高于籽粒,果皮对籽粒中的水分具有很强的保护功能,而萼筒则起相反的作用。在生产中广泛采用的冷藏+塑料薄膜贮藏及土法贮藏中均发现,随着贮藏期限的延长,石榴果皮外观的红色会逐渐消退,Elyatem等^[8]的研究表明,5℃和10℃贮藏石榴比-1℃和2.2℃贮藏的石榴外观红色保持更佳。这种果皮红色消退的现象是由什么引起的,尚未见有相关报道。

1.2.2 营养成分 石榴栽培品种根据其风味分为甜石榴、酸甜石榴和酸石榴,根据品种及其产地不同,其果汁中SSC为11%~17%,可滴定酸含量为0.3%~2.7%。充分成熟后的石榴果实在贮藏过程中SSC和可滴定酸含量变化幅度很小,且受贮藏温度和气体成分的影响也较小。Elyatem等^[8]研究得知,Wonderful石榴在0℃、5℃、10℃、20℃分别贮藏10、10、6、4周后,SSC均没有明显的变化,仅5℃贮藏10周后SSC从17.5%下降到16.7%,pH值和可滴定酸含量在整个贮藏期间则呈现出小幅度不规则的变化。Gil等^[9]对Wonderful石榴进行气调贮藏研究发现,在5个月的贮藏中,各处理之间的SSC和可滴定酸含量没有明显差异。刘兴华等^[4]的研究也证实了这一点。

1.2.3 风味 石榴果实在冷藏过程中虽然果皮有皱缩现象,但风味没有明显的变化;若用塑料薄膜包装后进行冷藏则果实外观保持很好,但其风味会发生不同程度的变化,因此,O₂水平降低可能影响到果实的风味。Ben-Arie^[10]研究发现,低氧条件下石榴果实无氧呼吸产生的乙醇是果实风味丧失的原因,但在2%的低O₂水平下,贮藏温度从6℃降到2℃后果实风味可有所改善。其主要原因是在低温

条件下减少有氧呼吸的同时也降低了无氧呼吸,从而减少了乙醇的累积。

1.3 贮期生理失调

石榴贮藏期间发生的病害,除了由微生物引起的侵染性病害外,还有因贮藏温度、气体成分或其他条件不适引起的生理失调,主要有冷害和气体伤害。

1.3.1 冷害 冷害是指果蔬贮藏于细胞组织冰点以上的不适低温条件下所造成的伤害。原产于热带的石榴在贮藏保鲜中易发生冷害。冷害时的症状,随石榴的品种、成熟度以及产地而异。最常见的是果皮褐变、凹陷或虽在低温下没有出现褐变,但置于室温下时会很快出现果皮褐变。笔者发现,石榴长期冷藏过程中籽粒会出现透明化现象,而外观完好,这种现象是否与冷害有关,尚有待进一步研究。对冷害的控制方法前人做了大量的研究,如寻找适宜的贮藏温度,或采用缓慢降温、变温贮藏,或间歇升温贮藏、气调贮藏、高湿度贮藏、化学药剂处理^[11]等,也取得了一定的效果。

1.3.2 气体伤害 低氧伤害是由于缺氧或CO₂浓度过高造成的品质劣变,主要体现为产生发酵味,风味不新鲜。笔者认为籽粒为玫红色的品种随贮藏期限的延长出现色泽加深以及籽粒为粉白色的品种呈现透明状可能由缺氧或CO₂浓度过高引起,具体研究尚在进行中。

1.3.3 果皮褐变 石榴果皮极易褐变,进而感染霉菌,严重者内部籽粒与白色隔膜也会观察到不良变化。据研究,褐变的发生通常与温度有关,低温或高温均能引起果皮的褐变。自20世纪80年代,人们开始普遍关注石榴采后果皮褐变问题,首次提出石榴采后果皮褐变问题的是Segal(1981),他认为,Wonderful石榴在温度低于14℃的条件下贮藏,均会出现褐变现象。1984年,Elyatem等^[8]的研究也进一步证实石榴果皮褐变是低温伤害的结果,其将石榴置于0℃、-1℃或2.2℃贮藏8周后,转移至20℃下放置3d,石榴内外均出现低温伤害症状,低温伤害的发生率和严重程度取决于贮藏温度水平和贮藏期限。另外,不同品种间褐变发生早晚及对低温的反应均有不同^[12]。

高温也会导致褐变的发生。Ben-Arie等^[10]的研究一方面证实不适宜的低温(如2℃)会导致石榴于采后5周左右出现冷害症状,即果皮褐变凹陷、出现坏死斑块;另一方面也提出高温会导致石榴果皮的褐变,如在6℃或10℃下贮藏的石榴,均在采后第4周发生表皮褐变,而且10℃下褐变的程度要比6℃下的严重。刘兴华等^[12]研究发现大红甜室温

下褐变发生最早,发展也最快,贮藏 46 d 时,褐变指数已达 0.15,是 $(0\pm 1)^{\circ}\text{C}$ 、 $(4\pm 1)^{\circ}\text{C}$ 、 $(8\pm 1)^{\circ}\text{C}$ 下褐变的 10 倍以上,且在 0°C 下褐变发展最慢。可见,适当的低温在一定程度上可抑制果皮褐变的发生。刘兴华等^[12]以陕西的 3 个主栽品种(净皮甜、天红蛋和大红甜)为供试材料,研究认为, 0°C 左右贮藏的石榴贮藏期间发生褐变较少,但经过 3~4 个月的贮藏后置于室温条件下,褐变均迅速增加,认为这种褐变是低温伤害的结果,且与多酚氧化酶活性和单宁含量以及超氧化物歧化酶活性和丙二醛含量均有明显的相关性,而与籽粒中的可滴定酸含量和 SSC 则表现出相对独立的变化过程。张有林等^[13]的研究也证实了这一结果。Ben-Arie^[10]研究表明, 10°C 条件下,贮藏 1 个月后,Wonderful 石榴果实的邻苯二酚含量下降了 48%,且与贮藏过程中褐变的发生量呈显著正相关,但多酚氧化酶活性未发生特殊变化;同时也研究了不同采收期对石榴褐变的影响,发现发生与未发生褐变的果实之间无差异。

石榴果皮褐变的机制为酶褐变,可见无论低温或是高温,只要具备造成果皮生活细胞膜损伤的条件,使酚类底物与酶接触,均可造成果皮的褐变。贮藏实践中发现,石榴裸果室温贮藏,在通风良好的情况下,即使果皮干缩成膜状,仍未发生褐变,笔者认为,酶褐变的发生要同时具备多酚底物、多酚氧化酶、氧 3 个条件,缺一不可,而且褐变的发生要有充分的水作为介质,即果皮干缩情况下褐变未发生可能与水分的过少以及酶活的丧失有关。

此外,石榴贮藏中的挥发性气体,如乙醇等,也会使石榴衰老或代谢失调。因此,在石榴贮藏保鲜过程中要科学控制 O_2 和 CO_2 浓度,并经常检测贮藏环境中的气体成分,及时通风换气,将有害气体排除,以免造成气体伤害。

2 石榴果实采后保鲜技术研究

2.1 物理保鲜

物理保鲜技术是指利用高压放电、电离辐射、气调贮藏等进行水果保鲜,或与其他技术相结合进行保鲜,保鲜效果高,又没有化学污染,是现代果品保鲜中很有发展前途的一种新技术^[14]。果蔬保鲜采用的方法有:低温、辐照保鲜技术、自发气调技术(MAP)、乙烯膜保鲜技术、超声波保鲜技术、充氮保鲜技术和臭氧保鲜技术等^[15]。

近些年来,采用物理方法来延长贮藏期和货架期,主要是在保持原有果实品质(色泽、风味、质地)和营养(维生素、抗氧化物质)的前提下,避免微生物

的侵染危害,常采用的保鲜方法有:适宜低温、气调贮藏(CA)、自发气调贮藏(MA)^[16]、短时高温处理^[17]、变温处理^[18-19]等。1986 年 Ben-Arie 等^[10]对以色列的石榴研究最早发现,该石榴贮藏温度低于 6°C 时,有冷害发生,表现为果面塌陷褐变,但当贮藏于温度 $2\sim 6^{\circ}\text{C}$ 、 $2\%\sim 4\%\text{O}_2$ 条件下,冷害明显减轻。Elyatem 等^[8]用 Wonderful 作试材,置于 10°C 、 $10\%\sim 20\%\text{CO}_2$ 条件下贮藏 6 周后发现,不同浓度 CO_2 对石榴籽粒的颜色有影响,对照组(贮藏空气中)颜色变深,贮藏在 $10\%\text{CO}_2$ 中的颜色变深不明显,贮藏在 $20\%\text{CO}_2$ 中的却变浅了。刘兴华等^[4]以陕西临潼的净皮甜、大红甜、天红蛋 3 个石榴品种为试材,用 0.03 mm 厚 PE 袋单果包装,分别贮藏于 4°C 、 8°C 、 0°C 条件下,与裸果贮藏相比,其抑制褐变效果明显。Artes 等^[20]将 Mollar 石榴贮藏于 5°C 、RH 95%,气体分别为 $5\%\text{CO}_2+10\%\text{O}_2$ 、 $5\%\text{CO}_2+5\%\text{O}_2$ 、 $0\%\text{CO}_2+5\%\text{O}_2$ 条件下,结果表明,控制气体会降低失重率和腐烂率,减轻冷害程度,但同时会降低果实中的 SSC 和 Vc 含量。

Mirdehghan 等^[21]研究认为热处理可减轻石榴冷藏条件下的冷害。其将石榴置于 45°C 热水处理 4 min 后存放于 2°C 条件下 90 d,以在 25°C 蒸馏水中处理 4 min 为对照。每 15 d 取一次样品,置于 20°C 条件下 3 d 后进行测定,发现热处理的果实冷害症状显著减少。他认为热处理诱导了贮藏过程中石榴中游离腐胺和亚精胺的增加,二者在减少果实软化和降低冷害的严重性上具有一定的作用。这些较高的多胺水平与较高水平的不饱和脂肪酸与饱和脂肪酸比例的效果一样,可能有助于维持膜机构的完整性和流动性。因此,热处理能够通过刺激多胺的生物合成来诱导其对低温的抵抗能力。Artes 等^[22]将 Mollar 石榴在 33°C 、RH95% 条件下处理 3 d 后,贮藏于 2°C 或 5°C 、RH95% 条件下,贮藏 90 d 后置于模拟销售环境 15°C 、RH75% 条件下 6 d,可明显减少冷害症状。

间歇升温处理(intermittent warming, IW)可有效抑制冷害发生。张润光等^[23]在净皮甜上的研究认为,预冷处理后置于 $(5\pm 0.5)^{\circ}\text{C}$ 下进行贮藏,贮期每间隔 6 d 将石榴在 $(15\pm 0.5)^{\circ}\text{C}$ 下进行间歇升温 1 d 后再置于 $(5\pm 0.5)^{\circ}\text{C}$ 进行贮藏,该方式可有效防止冷害的发生,避免果皮细胞受损,有效减轻果皮的褐变,同时,可有效保持总糖含量、可滴定酸含量,且腐烂率在 5% 以下。Artes 等^[18]认为间歇升温处理对于在 0°C 贮藏的石榴尤其有效,其将 Mollar 贮藏于 0°C 或 5°C 、RH95% 下,冷藏过程中每 6 d 间

歇升温1次至20℃保持1d,贮藏80d后,于货架期条件下(15℃、RH为70%)存放7d后发现,0℃结合间歇升温处理保持了果实采收时的外观色泽,而5℃结合间歇升温处理对籽粒色泽的保持效果最好;前者虽然增加了果实受冷害的风险,但对抑制真菌病害效果很好,后者减轻了冷害但未能抑制真菌的侵害。

同时,Artes等^[19]研究也认为,间歇升温处理结合热处理等技术可保持果实最佳的外观和与采收时相近的风味。其将Mollar石榴在33℃、RH95%条件下处理3d后,贮藏于2℃或5℃、RH95%条件下,同时结合间歇性升温处理,每6d升温至20℃1d,贮藏90d后置于模拟销售环境15℃、RH75%条件下6d,发现只有在贮藏期间采用间歇升温的果实保持了最佳的风味。5℃下主要的损失是由于青霉菌引起的腐烂,2℃下引起的损失主要是冷害(褐变和凹陷),间歇升温处理的果实冷害症状最少。褐变发展的严重程度与低温有着直接的关系。2℃下的间歇升温处理在减小冷害方面和保持石榴果实品质方面效果最佳。

2.2 生物保鲜

随着人们生活水平的提高及消费观念的改变,经济、简便、安全无毒的生物保鲜技术已成为人们关注的热点^[24]。生物保鲜技术是采用微生物菌株或抗菌素类物质,通过喷洒或浸果处理,以降低或防治果品采后腐烂损失的保鲜技术,该技术在柑橘、苹果、甜樱桃、番茄等果蔬上均有报道,但在石榴上尚未见相关报道。

近些年来,研究工作者试图从修饰或控制果蔬的遗传基因入手,培育耐贮藏的品种,彻底解决果蔬易腐烂的难题,如跃变型果实番茄中转入ACC合成酶的反义RNA基因以实现对番茄乙烯生物合成过程的控制,便是依靠生物技术解决果实贮藏问题的典型例证。但是,解决了贮藏这一问题,往往伴随着产量、抗病性等其他问题出现,解决这些问题的难度很大,尤其是对于多年生木本果树来说更是如此,而且转基因植物涉及的相关问题也很多。

2.3 化学保鲜

化学保鲜即合理利用杀菌剂杀死或抑制病原菌,对未发病产品进行保护或对已发病产品进行治疗;利用植物生长调节剂提高果实的抗病能力,防止或减轻病害造成损失。可以采用的杀菌剂种类及允许最大残留量可以参照绿色食品农药使用准则及农药合理使用准则执行。

采后处理药剂包括多菌灵、烯菌灵、克菌丹、咪

鲜安、CaCl₂、Ca(NO₃)₂等。周锐等^[25]对蒙自甜石榴用多菌灵处理后置于低温(2℃、4℃)条件下贮藏,结果表明,多菌灵有一定的抑菌效果,在2个贮藏温度下果实腐烂情况和品质无显著差异,而且经多菌灵处理后,用保鲜袋包装,在2℃条件下可以明显地延长贮藏期,贮藏3个月时仍可保持果实良好的品质。殷瑞贞等^[26]于2000—2002年进行石榴贮藏试验,将石榴经400mg/L 2,4-D钠盐加800倍多菌灵浸果1min处理,晾干后用塑料袋单果或双果包装,置于库温3~5℃的冷库中,贮藏3个月,失重率为7%~8%,果面完好,商品价值基本不受影响。付娟妮等^[27]以陕西临潼净皮甜为材料,研究了石榴贮藏期用药剂防治腐烂病的方法。通过观察采前或采后处理的石榴贮藏期腐烂指数及品质变化,发现石榴采前用70%甲基托布津可湿性粉剂2000倍液处理,防腐效果最为显著,处理后的果实籽粒SSC和可滴定酸含量保存较好,失重率较低,外观良好。另外, Sayyari等^[28]采用2、4、6mmol/L的草酸浸泡石榴,发现草酸可明显降低石榴的呼吸速率和失重率。

果蔬涂膜保鲜也是化学保鲜法的一种。刘雪静^[29]、张润光等^[30]、郭亚力等^[31]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。另外,关于运用水杨酸(SA)^[32]、乙酰水杨酸(ASA)^[33]、多胺^[34-35]等对石榴进行处理的效果也进行了研究。

3 问题与展望

3.1 石榴采后贮藏存在的主要问题

3.1.1 石榴果实籽粒的品质劣变尚未解决 多项研究表明,石榴的贮藏适温为3~5℃。为了减少贮藏过程中的水分损耗,贮藏实践中普遍采用“低温+塑料薄膜单果包装”的形式,但经长期贮藏后发现其外观虽然完好,但籽粒色泽发生了劣变,表现为籽粒本色为粉红色的色泽变淡,且有水渍状表现;本色为深红色的颜色变暗,而且风味也呈现不新鲜的状态。有研究发现,贮藏于5℃条件下的果实籽粒对色泽的保持比贮藏于0℃的好^[31-32],贮藏于10%CO₂条件下籽粒色泽没有明显变化,而贮藏于空气中的石榴籽粒变深,贮藏于20%CO₂条件下的籽粒色泽变浅,可见,籽粒色泽的变化与温度、CO₂浓度都有一定的关系,但有关籽粒色泽及风味的劣变尚未见系统的研究。欲将石榴安全贮藏至春节前后上市,解决籽粒色泽及风味的劣变问题迫在眉睫,它对于北方晚熟石榴品种的增收起着至关重要的作用。

3.1.2 石榴采后处理不科学 目前石榴贮藏量较

少,多为当地鲜销或经长途运输后进行异地销售。运输方式多采用常温运输,冷链运输尚未被广泛采用。在贮藏方面,多采用常温进行周转性贮藏或采用塑料薄膜+冷库贮藏的方式,其他许多好的研究结果由于设备所限或由于没有进行中试而未用到生产阶段。

3.2 展望

石榴虽然是小宗水果,但近 10 a 发展很快,其经济价值、生态价值及在国民水果消费构成中的比重日益重要。我国石榴的成熟期从 7 月开始直到 10 月下旬或 11 月上旬,应用合理的保鲜技术可以维持石榴采后品质,延长贮藏时间,利于石榴的长途运输,延长果实的货架期。结合不同石榴保鲜技术的优缺点,不断研究与应用适合我国国情的安全、高效、低成本的石榴保鲜技术,是我国石榴进入国际市场的重要保障,同时,只有实现石榴保鲜的产业化和建立安全质量监控体系,才能进一步扩大石榴的销售市场,提升我国石榴在国际市场的竞争力。

参考文献:

- [1] 冯立娟,苑兆和,尹燕雷,等.国内外石榴种质资源研究进展[C]//中国园艺学会石榴分会.中国石榴研究进展(一).北京:中国农业出版社,2010.
- [2] 张创新,王养利,潘锋,等.石榴贮藏保鲜“四度”控制技术[J].西北园艺,2004(10):53-54.
- [3] 孙波,王子夏,韩璐.影响石榴贮藏保鲜的关键因素及其控制技术[J].中国园艺文摘,2012(12):174.
- [4] 刘兴华,胡青霞,罗安伟,等.石榴果皮褐变相关因素及其控制研究[J].西北农业大学学报,1998,26(6):51-55.
- [5] 胡云峰,李喜宏,关文强.石榴低温气调保鲜技术[J].果农之友,2003(1):40.
- [6] 刘兴华,寇莉萍,任亚梅.西北地区特色浆果采后贮藏现状与对策[J].保鲜与加工,2004(2):1-3.
- [7] 刘兴华,蔡静,霍燊,等.天红蛋石榴采后生理特性的研究[J].天津农业科学,1995,1(4):30-31.
- [8] Elyatem S M, Kader A A. Post-harvest physiology and storage behaviour of pomegranate fruits[J]. Scientia Horticulturae, 1984, 24: 287-298.
- [9] Gil M I, Tomas-Barberan F A, Hess-Pierce B, et al. Antioxidant activity of pomegranate juice and its relationship with phenolic composition and processing[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2000, 48: 4581-4589.
- [10] Ben-Arie R. The development and control of husk scald on “Wonderful” pomegranate fruit during storage[J]. Journal of the American Society for Horticultural Science, 1986, 111: 395-399.
- [11] 赵迎丽,李建华,王春生.石榴果实采后生理变化与贮藏保鲜研究进展[J].保鲜与加工,2008(8):11-13.
- [12] 刘兴华,胡青霞,寇莉萍,等.石榴采后果皮褐变的生化特性研究[J].西北林学院学报,1988,13(4):19-22.
- [13] 张有林,张润光.石榴贮藏果皮褐变机理的研究[J].中国农业科学,2007,40(3):573-581.
- [14] 高海生,李育华,李德庆.利用物理技术贮藏保鲜水果[J].河北果树,1997(3):9-10.
- [15] Romanazzi G, Nigro F, Ippolito A, et al. Effect of short hypobaric treatments on postharvest rots of sweet cherries, strawberries and table grapes[J]. Postharvest Biology and Technology, 2001, 22(1): 1-6.
- [16] 张有林,陈锦屏,杜万军.石榴贮藏期生理变化及贮藏保鲜研究[J].食品工业科技,2004,25(2):118-121.
- [17] Salah A, Maiman A, Dilshad A. Changes in physical and chemical properties during pomegranate fruit maturation[J]. Food Chemistry, 2002, 76(4): 437-441.
- [18] Artes F, Tudela A J, Gil M I. Improving the keeping quality of pomegranate fruit by intermittent warming[J]. Z Lebensm Unters Forsch, 1998, 207: 316-321.
- [19] Artes F, Villascusa R, Tudela A J. Improving pomegranate quality and shelf-life by curing and intermittent warming during cold storage[C]//Advances in the refrigeration systems, food technologies and cold chain. Sofia, Bulgaria. 1998:536-543.
- [20] Artes F, Marin G J, Martinez J A. Controlled atmosphere storage of pomegranate[J]. Z Lebensm Unters Forsch, 1996, 203: 33-37.
- [21] Mirdehghan SH, 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(1): 19-25.
- [22] Artes F, Tudela J A, Villascusa R, et al. Thermal postharvest treatments for improving pomegranate quality and shelf life[J]. Postharvest Biology and Technology, 2000, 18(3): 245-251.
- [23] 张润光,张有林,张志国,等.石榴贮藏期间间歇升温处理对果实品质的影响[J].食品与发酵工业,2008,34(1):160-163.
- [24] 车建美,刘波,郑雪芳,等.水果保鲜技术及其保鲜机理的研究进展[J].保鲜与加工,2012,12(1):44-50.
- [25] 周锐,李剑伟,张有顺.蒙自甜石榴保鲜技术初探[J].保鲜与加工,2004(5):32.
- [26] 殷瑞贞,崔璞玉.优质鲜石榴贮藏试验[J].河北果树,2004(1):13.

- [27] 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.
- [28] Sayyari M, Valero D, Babalar M, *et al.* Prestorage oxalic acid treatment maintained visual quality, bioactive compounds, and an antioxidant potential of pomegranate after long-term storage at 2 °C [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2010, 58(11): 6804-6808.
- [29] 刘雪静.石榴涂膜保鲜的研究[J].枣庄师专学报, 2001, 18(5): 58-61.
- [30] 张润光,张有林,张志国.三种涂膜保鲜剂对石榴果实贮藏品质的影响[J].食品工业科技, 2008, 29(1): 261-264.
- [31] 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.
- [32] Sayyari M, Babalar M, Kalantari S, *et al.* Effect of salicylic acid treatment on reducing chilling injury in stored pomegranates [J]. Postharvest Biology and Technology, 2009, 53(3): 152-154.
- [33] Sayyari M, Castillo S, Valero D, *et al.* Acetyl salicylic acid alleviates chilling injury and maintains nutritive and bioactive compounds and antioxidant activity during postharvest storage of pomegranates [J]. Postharvest Biology and Technology, 2011, 60(2): 136-142.
- [34] Ramezani A, Rahemi M. Chilling resistance in pomegranate fruits with spermidine and calcium chloride treatments [J]. International Journal of Fruit Science, 2011, 11(3): 276-285.
- [35] Barman K, Asrey R, Pal R K. Putrescine and carnauba wax pretreatments alleviate chilling injury, enhance shelf life and preserve pomegranate fruit quality during cold storage [J]. Scientia Horticulturae, 2011, 130(4): 795-800.

~~~~~

(上接第4页)

- [39] 李源,李金娟,魏小红.镉胁迫下蚕豆幼苗抗氧化能力对外源 NO 和 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 的响应[J].草业学报, 2009, 18(6): 186-191.
- [40] 李新博,谢建治,李博文,等.镉对紫花苜蓿不同生长期生物量的影响及饲用安全评价[J].草业学报, 2009, 18(5): 266-269.
- [41] 孙天国,沙伟,张建.水杨酸对镍胁迫下甜瓜幼苗生理活性的影响[J].北方园艺, 2010(11): 39-41.
- [42] 任艳芳,何俊瑜.外源水杨酸对镉胁迫下莴苣幼苗光合性能的影响[J].江苏农业科学, 2010(2): 156-158.
- [43] 李汝佳,李雪梅.水杨酸、脱落酸和过氧化氢对镉胁迫小麦幼苗光合及抗氧化酶活性的影响[J].生态学杂志, 2007, 26(12): 2096-2099.
- [44] 陈良,隆小华,晋利.外源水杨酸对镉胁迫下两种菊芋品系幼苗的缓解作用[J].生态学杂志, 2011, 30(10): 2155-2164.
- [45] 纪秀娥,王红星,张书良.水杨酸对废电池污染下玉米生理特性的影响[J].广东农业科学, 2011(6): 25-27.
- [46] 张营,李法云,严霞.外源 K<sup>+</sup> 和水杨酸在缓解融雪剂对油松幼苗生长抑制中的效应与机理[J].生态学报, 2012, 32(14): 4300-4308.
- [47] Ananieva E A, Alexieva V S, Popova L P. Treatment with salicylic acid decreases the effects of paraquat on photosynthesis [J]. Journal of Plant Physiology, 2002, 159(7): 685-693.
- [48] Janda K, Hideg É, Szalai G, *et al.* Salicylic acid may indirectly influence the photosynthetic electron transport [J]. Journal of Plant Physiology, 2012, 169(10): 971-978.