

荔枝采后减损增效与出口物流保鲜技术

蒋跃明 张丹丹 段学武

中国科学院华南植物园

DOI:10.32629/as.v8i12.3552

[摘要] 中国是荔枝原产国,拥有悠久种植历史和丰富文化底蕴,产量占世界产量约75%。荔枝采后极易发生果皮褐变、品质劣变与果实腐烂,严重影响其贮运保鲜期。文章主要介绍了荔枝采后果皮褐变、果实衰老和病害发生特性和荔枝保鲜技术发展现状,重点总结了荔枝采前病害防治、栽培管理和采收、处理、预冷、包装等减损增效与出口物流保鲜技术体系,为扩大荔枝销售范围和途径,增加荔枝出口规模,实现荔枝高质量发展夯实基础。

[关键词] 荔枝; 保鲜; 贮运; 褐变控制; 病害防治

中图分类号: S946.2+1 文献标识码: A

Postharvest Loss Reduction, Efficiency Improvement, and Export Logistics Preservation Technologies of Litchi

Yueming Jiang Dandan Zhang Xuewu Duan

South China Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences

[Abstract] China is the native country of litchi, boasting a long cultivation history and profound cultural heritage, with its output accounting for approximately 75% of the world's total. Litchi is highly prone to pericarp browning, quality deterioration, and fruit rot after harvest, which severely shortens its storage and transportation shelf life. This paper mainly introduces the characteristics of pericarp browning, fruit senescence, and disease occurrence of postharvest litchi, as well as the development status of litchi preservation technologies. It focuses on summarizing the technical system for loss reduction, efficiency improvement, and export logistics preservation, including preharvest disease prevention, cultivation management, and postharvest processes such as harvesting, handling, precooling, and packaging. This study lays a solid foundation for expanding the sales scope and channels of litchi, increasing its export volume, and realizing the high-quality development of the litchi industry.

[Key words] litchi; preservation; storage and transportation; browning control; disease prevention

荔枝(Litchi chinensis Sonn.)属无患子科,原产我国,是典型的亚热带水果,主产于中国、印度、越南、马达加斯加、泰国、尼泊尔、孟加拉国、南非、澳大利亚、毛里求斯、墨西哥、以色列以及地中海西海岸的西班牙、意大利、以色列等国家,并作为国际市场上具有竞争力果品之一。我国拥有悠久的荔枝种植历史和丰富的文化底蕴,广东、广西、海南、福建、云南、四川等是荔枝主产区。目前,我国荔枝栽培面积约800万亩,产量约230万吨,占世界产量约75%。荔枝因其果肉像凝脂般晶莹剔透、独特风味多汁和果皮鲜艳色泽而深受消费者喜爱。由于荔枝成熟于高温、高湿季节,加上荔枝果实本身代谢快的生理特性,采后品质劣变极快,极难贮运保鲜,有着“一日色变,二日味变,三四日色香味均变”说法,加上各个产区每个

荔枝品种的收获期很短(一般一个产区一个品种的收获期

只有半个月左右);因此,给荔枝的销售带来了极大的压力,也严重限制了荔枝鲜果的流通贸易,影响了产业总体效益。近年来,随着世界范围内,尤其是我国荔枝产业的迅速发展,国内外对荔枝采后研究进展较快,主要表现在荔枝果皮褐变、果实衰老、病害及贮运保鲜技术等几个方面。

1 荔枝采后果皮褐变成因及其控制

影响荔枝果实采后果皮褐变因素较多,原因比较复杂。总体来讲,根据果实结构与生理特性,荔枝果皮褐变主要是果皮失水、花色苷氧化聚合和酶促褐变等共同作用的结果。

1.1 失水对荔枝果皮褐变的作用

荔枝果实采后在常温无包装条件下贮藏12h后,果皮即开始变灰暗,并逐步变黑色。当荔枝果实失水时,首先从果皮龟裂片突起部位开始发生褐变。荔枝果皮褐变与果实失水密切相关。荔

枝果皮与果肉在结构上完全分离,两者之间无输导组织相连。当果皮失水后,果肉中的水分未能有效补充,并且果皮结构角质层较薄,海绵组织疏松,外果皮和中果皮之间的细胞含有褐变物质,易失水诱发褐变。

1.2 荔枝花色苷氧化聚合

花色苷是荔枝果皮的主要色素,而荔枝果皮红色色泽主要由花色苷的组成和含量所决定。根据对荔枝果皮结构的观察,荔枝果皮具有木质化特性。在荔枝果皮褐变过程中,花色苷结构发生了明显的变化,包括水解为更易氧化的花青素,然后在漆酶作用下氧化聚合,形成了高分子褐变物质。另外,荔枝果实衰老时产生的活性自由基进一步加剧了花色苷/花青素的氧化聚合,促进了荔枝果皮褐变的发生。应用HCl、柠檬酸等酸化处理可部分恢复荔枝果皮红色色泽。

1.3 荔枝果皮酶促褐变

20世纪60年代初,研究发现荔枝果皮内存在多酚氧化酶(PPO),与荔枝果皮褐变有关。该酶能催化二元酚和多元酚氧化,而对一元酚不起作用;最适pH为6.8,最适反应温度为60℃,且具有较高的热稳定性,这也说明了热处理难以抑制PPO活性,进而抑制荔枝果皮褐变的发生。研究还发现荔枝果皮中的(-)-表儿茶素是荔枝PPO的合适底物;但PPO对花色苷不起氧化作用。可见,荔枝果皮褐变是由PPO催化(-)-表儿茶素和由漆酶催化花色苷共同氧化聚合的结果。

2 荔枝果实衰老、品质劣变

荔枝果实衰老、品质劣变是一个十分复杂的生理过程。在荔枝果实采收后贮藏过程中,过氧化产物丙二醛含量明显增加,而超氧歧化酶活性、谷胱甘肽和抗坏血酸含量下降,并随着荔枝果实衰老、品质劣变的进程,自由基水平明显升高,这表明荔枝果实实在衰老、品质劣变过程中内源防御活性氧系统功能减弱,使膜脂上不饱和脂肪酸受到自由基的攻击,引起明显的过氧化作用;而膜脂过氧化产物可与蛋白质及核酸起作用,抑制其正常功能,进而促进荔枝果实衰老、品质劣变。最新研究还表明,荔枝果实采收后离开母体,缺乏营养物质供应,在荔枝采收后贮藏过程中,存在细胞能量缺乏而导致的果实不可逆转的衰老进程。ATP等外源能量处理可延缓荔枝采收后果实衰老、品质劣变。

3 荔枝病害

荔枝果实腐烂主要由真菌侵染所引起,包括荔枝霜疫霉、炭疽菌、黑曲霉、黄曲霉、两型壳曲霉、四脊曲霉、无冠构巢曲霉、柱孢属、可可球二孢属、青霉属、盘长孢状刺盘孢和盘多毛孢属等真菌。其中,荔枝霜疫病、荔枝炭疽病、荔枝酸腐病为荔枝采收后主要病害,可导致荔枝变褐腐烂。荔枝炭疽菌主要来自采收前潜伏侵染,到采收时潜伏侵染率可高达90%左右。荔枝采收后在常温下放置3~4天开始出现病害症状,先是果皮局部变褐,然后病斑迅速扩展至全果。即使在荔枝采收后用杀菌剂处理,防治霜疫病、炭疽病的效果也不明显。在荔枝果实生长期,建议喷雾2~3次杀菌剂,可显著降低病原菌潜伏侵染率,减轻荔枝采收后病害发生,提高荔枝贮藏效果。此外,荔枝采收后衰老和病害相互

促进,导致荔枝果实采收后变褐变质。

4 荔枝采收后减损增效与出口物流保鲜技术体系

荔枝保鲜是一项系统工程,包括采收前管理技术和采收后保鲜技术的配合。荔枝保鲜技术操作程序的每个环节均可影响到荔枝贮藏保鲜的质量。因此,做好荔枝的保鲜工作不能仅仅依靠某一种保鲜剂就能解决全部的问题,必须重视并落实好每一个技术环节。

4.1 采收前病害防治和栽培管理

荔枝果实在生长期,喷2至3次杀菌剂(如多菌灵、咪鲜胺等常用杀菌剂,浓度为500ppm),降低病原菌潜伏侵染率和减少果实的带菌率,降低荔枝果实采收后腐烂率。另外,多施有机肥、注意荔枝果园的通风透光,也可减少荔枝果实采收后病害发生。

4.2 适时采收

在荔枝果皮八成至全部呈红色期间采收,以早晨温度低时采收为好,这样方便后续处理、包装、贮运。留树太久的荔枝会发生“退糖”现象(果肉结构解体、果汁外渗、味道变淡),而未成熟的荔枝颜色不佳,且味淡、酸味浓,均不适合采收荔枝果实。另外,在台风和下雨期间采收的荔枝不耐贮藏。荔枝采收后要注意防日晒,注意保湿。否则,荔枝果实高温下很容易失水,而荔枝失水后果皮很容易变褐,耐藏性严重下降。采收后荔枝果实实在包装箱或箩筐衬垫塑料袋装果后,尽快运回包装加工厂进行采收后处理和包装。如果采收果园离包装加工厂或收购站太远的话,可在果园就地用冰水预冷,然后用塑料袋密封;有条件情况最好是用冷藏车运回加工厂处理包装。

4.3 选果

剔除病果、虫叮果、裂果、日灼果、机械伤果、畸形果、褐变果、无蒂果、青果、过小果和过熟果等,尤其注意识别蛀蒂虫果(在离果梗基部约0.5cm范围内有针头大小的孔)。不需去梗的果穗也要剔除所有前述伤害果,整理好果穗和果梗。有条件的话最好选用生产上自动化程度较高的选果设备进行。

4.4 预冷

荔枝采收后要尽快预冷,降低田间热。荔枝果实采收后高温时间越长,贮藏寿命越短,品质越难保持。在等待分级和包装期间,可采用冰水、冷库、强制通冷风等方式进行预冷,通常将果温降到10~12℃。采用冰水预冷,能在10~30分钟内可迅速把果肉温度降到5℃,但可能造成冷害,影响果皮色泽,并且影响后续贮藏寿命。在生产条件允许情况下,可直接在高容量冷库进行预冷。

4.5 清洗

荔枝采收后可直接采用干净的自来水或漂白粉等消毒剂溶液(0.1~0.3%)对荔枝果实进行初步清洗,时间大约2~3分钟,以清除果实表面上的农药残留、灰尘,并减少微生物污染。

4.6 保鲜剂处理

荔枝采收后腐烂主要由真菌侵染所引起。大部分真菌属果园感病,特别是危害严重的霜疫霉病和炭疽病,应结合田间预防、采收后杀菌剂处理相结合方式。在荔枝保鲜处理方面,可使用500~

1000ppm杀菌剂(如咪鲜胺、多菌灵、苯来特、多菌灵、特克多、扑海因、抑霉唑等)浸果2~3分钟。不过,长期使用单一杀菌剂会导致病原菌产生抗药性,例如青绿霉病、荔枝霜疫霉病、炭疽菌病等。在生产实际应用过程中,可以考虑不同抑菌机制的杀菌剂复配。另外,国外也采用硫处理技术进行荔枝护色保鲜,如南非、马达加斯等国家出口欧洲的荔枝即采用此法。处理方法一般为:荔枝果实放置在塑料框中,然后堆放于熏硫室或者野外空地密封帐篷中,进行硫处理。硫磺一般用量为30g/m³左右,熏蒸20~30分钟,接着使用3%食用盐酸浸泡1分钟复色,后进入冷库贮藏。值得注意,荔枝采后病害发生与果实采收后衰老相互促进;因此,除了使用杀菌剂处理防止果实腐烂外,还需要同时延缓果实衰老。中国科学院华南植物园开发出以植物生长调节剂、抗氧化剂、活性氧清除剂、呼吸抑制剂、可食性膜和杀菌剂等为主要成分的“生理、病理、品质”三控荔枝保鲜剂,能显著延缓果实衰老,抑制病原菌生长,调控贮藏环境水分、气体成分,清除异味,能显著延长荔枝保鲜期;具有操作简易、成本可控和安全等优点。目前,按照生产就地常温贮运、低温贮运、常温和低温电商物流方式,实现了荔枝常温保鲜8~10天,低温35~45天,商品率不低于95%。

4.7 分级与包装

挑选的荔枝果实可按照大小进行分级,保证同一件包装内的果实比较一致,包括色泽、大小和外观。果实大小主要依据消费市场的要求和品种特点,按照果径和果重的大小进行分级。

荔枝果实包装主要考虑方便运输、避免快速失水褐变和长期高湿度导致的腐烂,并注意包装外观美观。荔枝包括可采用一定的厚度(0.02~0.03mm)聚乙烯袋包装,规格为2.5公斤、5.0公斤、10公斤或其它重量。生产上也较多采用小竹箩、纸箱、塑料框等包装,内衬塑料薄膜袋。另外,在一些荔枝产区,在果实采收后通过简易水池放冰水预冷后,采用泡沫箱包装,箱内放置冰块、冻结的瓶装矿泉水或蓄冷剂,然后在常温条件下运输。此方法虽然使用方便,但由于预冷不够,而且在常温条件下运输,箱内温度上升很快,存在果实腐烂风险,荔枝货架寿命也短。

4.8 贮藏

荔枝果实以低温冷藏为主。低温贮藏适宜温度为1~5℃,适宜相对湿度为90~95%。荔枝长期低于1℃贮藏,果实可能发生冷害,表现为内果皮水渍状,移出室温后很快褐变。常温适于短期贮藏。自发气调贮藏采用厚度0.02~0.03mm聚乙烯薄膜袋包装,需结合低温和保鲜剂处理,已在大生产上大量广泛应用。

4.9 运输

荔枝的长途运输需用冷藏车、冷藏集装箱;也有采用空运,可保证最好的果实质量,但运输费用高。常温车运输可采用泡沫箱加冰方式。一般在泡沫箱内果冰比例约为3:1,在车厢四周围上泡沫板等隔热材料,基本可满足约3天内的运输要求。若先将果实预冷,再用泡沫箱加冰方式,效果更好。具体做法为泡沫箱规格为60×40×50cm、板厚1cm,每箱约可装荔枝10~15公斤,可选用专用冰袋,或者一层荔枝与一层碎冰块装箱方式。果实运

输到埠后要迅速销售。

4.10 销售

荔枝贮藏运输后销售的主要是货架寿命。经过保鲜处理和1个月冷藏后,一般货架期为24~36小时。冷藏期越长,货架期越短。在销售过程中,采用冷柜销售,可适当延长货架时间。

4.11 荔枝出口物流保鲜

我国荔枝主要出口到加拿大、荷兰、英国、新加坡、马来西亚、印度尼西亚、菲律宾、美国、法国、德国、澳大利亚、墨西哥、日本和阿联酋等国家,潜在的出口目的国包括中亚(通过边贸方式,由新疆红其拉甫口岸输出);其中,美国、澳大利亚由于对荔枝的桔小实蝇的植物检疫关注,要求在低于0.99℃条件下处理21或17天,且中途不得中断;日本要求进行热蒸处理,要求果心温度均匀地升至46.5℃时,并保持时间10分钟,接着在6小时内果心温度降至1℃,然后在2℃或以下温度冷藏不少于40小时,需有日本检疫官现场确认,方能入境。另外,东南亚国家要求出口到达的荔枝采用传统竹篓包装,可能将对包装材料进行检疫处理。在保鲜剂处理方面,荔枝果实可采用熏硫处理,但对SO₂残留量有严格的要求(原则上整果上限为100ppm)。在荔枝出口时,应了解不同国家对荔枝的检疫要求,在采用荔枝保鲜剂处理后,应进行保鲜剂动态残留检测,保障安全使用,符合出口国检疫和食品安全的要求。

5 结语

低温贮藏和冷链物流是荔枝生产上主要保鲜手段。低温可有效降低荔枝果实各种生理生化进程,包括减少营养物质消耗、延缓果实衰老和抑制果皮褐变,同时控制微生物生长繁殖,能较长时间内保持果实风味和果皮色泽。近几年来,随着荔枝电商的销售占比的迅速增加,以及遍布全国的电商物流,为冷链物流扩大了荔枝销售范围。不过,荔枝经冷藏出库后,在常温条件下,存在果实衰老、褐变加速和货架减短的实际情况,是当前生产上面临急需解决的保鲜技术问题。

保鲜剂处理仍是荔枝保鲜有效手段。国外应用熏硫处理,如南非、以色列、泰国、越南等荔枝出口普遍采用这一技术措施,进行荔枝护色保鲜;但易产生二氧化硫残留超标,果肉风味差,处理污染环境等问题。因此,开发出无二氧化硫荔枝果实护色保鲜技术,特别是“生理、病理、品质”控制的功能保鲜剂开发应用,为解决荔枝物流销售保鲜提供了新的途径;同时进一步加强荔枝采前病害防治、栽培管理和采后处理、包装等荔枝保鲜技术体系,包括出口物流保鲜技术,并进行推广应用,可扩大荔枝销售范围和途径,增加我国荔枝出口规模,能极大地减轻荔枝生产旺季带来的销售压力,提高荔枝产业效益。

[基金项目]

国家重点研发计划项目(2021YFD00500)、广州市科技计划项目(2023B01J2001);广东省科技计划项目(2023B0202090002)。

[参考文献]

[1]王春兰,张丹丹,蒋跃明,等.荔枝果皮花色苷稳定性研究[J].保鲜与加工,2025,25(1):8290.

- [2]王欲翠,冯毅,吴德全,等.荔枝气调保鲜研究进展[J].食品工业科技,2017,38I(23):340345.
- [3]邓义才,朱慧英,徐妙颜,等.荔枝果皮褐变与果实水分呼吸的关系[J].广东农业科学,1994,(5):1719.
- [4]孙健,李丽,游向荣,等.荔枝、龙眼采后酶促褐变反应化学机理研究进展[J].南方农业学报,2012,43(10):1561-1568.
- [5]陈文军,洪启征.贮藏中荔枝果皮衰老与褐变的研究[J].园艺学报,1992,19(3):227-232.
- [6]陈笑冰,包宇航,黄文艺,等.荔枝采后贮藏中保鲜剂的研究进展[J].食品与发酵工业,2025,51(18):389-398.
- [7]陈绵达.荔枝采后生理和贮藏保鲜技术[J].中国果树,1985,(2):1824.
- [8]蒋跃明,傅家瑞.荔枝果实采后生理及贮运保鲜技术研究进展(综述)[J].亚热带植物通讯,2000,29(3):6470.
- [9]费帆,王则金,王雅立,等.荔枝采后生理及保鲜技术研究进展[J].热带农业工程,2006,(2):2934.
- [10]杨碧敏,林育钊,吴一品,等.采后荔枝果实安全保鲜技术研究进展[J].包装与食品机械,2017,35(2):5660.
- [11]黄文艺,张宝翼,陈笑冰,等.荔枝采后保鲜包装技术研究进展[J].食品与发酵工业,2025,51(11):426-434.
- [12]HOLCROFT DM,MITCHAM EJ.Postharvest physiology and handling of litchi(Litchi chinensis Sonn.)[J].Postharvest Biology and Technology,1996,9:265-281.
- [13]JAHIEL M,ANDREAS C,PENOT E,et al.Experience from fifteen years of Malagasy lychee export campaigns[J].Fruits,2014,69(1):118.
- [14]JIANG YM,Wang Y,Song LL,et al.Production and postharvest characteristics and technology of litchi fruit:an overview[J].Australian Journal of Experimental Agriculture,2006,46(12):1541-1556.
- [15]JIANG YM,DUAN XW,JOYCE DC,et al.Advances in understanding enzymatic browning of harvested litchi fruit[J].Food Chemistry,2004,88:443-446.
- [16]ZHANG WL,PAN,YG,JIANG YM,et al.Advances in control technologies and mechanisms to treat peel browning in postharvest fruit[J].Scientia Horticulturae,2023,311:111798.
- [17]ZHAO L,WANG K,ZHU J,et al.Nutrient components, health benefits, and safety of litchi (Litchi chinensis Sonn.):A review[J].Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety,2020,19(4):2139-2163.
- [18]SIVAKUMAR D, TERRY LA, KORSTEN L,et al.An overview on litchi fruit quality and alternative postharvest treatments to replace sulfur dioxide fumigation[J].Food Reviews International,2010,26:162-188.

作者简介:

蒋跃明(1963--),男,浙江兰溪人,研究员,博士,从事园艺作物采后生物学和贮运保鲜技术研究。