

荔枝保鲜包装技术研究进展

蒋侬辉^{1,2,3}, 刘伟^{1,2,3}, 袁沛元^{1,2,3}, 邱燕萍^{1,2,3}, 向旭^{1,2,3}

(1.广东省农业科学院 果树研究所, 广州 510640; 2.农业部南亚热带果树生物技术与遗传资源利用重点实验室, 广州 510640; 3.广东省热带亚热带果树研究重点实验室, 广州 510640)

摘要: 目的 开发更为有效的荔枝保鲜包装方法, 为荔枝保鲜及其包装发展提供参考依据。方法 对荔枝的生理特性与外形特征进行分析, 综述荔枝对包装的要求、荔枝的流通包装方式、荔枝的包装材料种类及荔枝新型功能性保鲜包装的开发应用现状。结果 对荔枝保鲜包装技术的研究方向提出了建议。结论 尽管荔枝的包装技术取得了较快的发展, 但各种方法均有不同程度的缺陷, 因此还需要进一步加大力度开发新型无公害、功能性保鲜包装技术。

关键词: 荔枝; 包装; 物流; 保鲜

中图分类号: S609.3 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2016)15-0095-07

Research Progress of Fresh-keeping Packaging Technology of Litchi

JIANG Nong-hui^{1,2,3}, LIU Wei^{1,2,3}, YUAN Pei-yuan^{1,2,3}, QIU Yan-ping^{1,2,3}, XIANG Xu^{1,2,3},

(1.Institute of Fruit Tree Research, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Guangzhou 510640, China; 2.Key Laboratory of South Subtropical Fruit Biology and Genetic Resource Utilization, Ministry of Agriculture, Guangzhou 510640, China; 3.Key Laboratory of Tropical and Subtropical Fruit Researches, Guangzhou 510640, China)

ABSTRACT: In order to develop more effective methods of Litchi fresh-keeping packaging and provide references for Litchi preservation and packaging development, physiological characteristics and shape characteristics of litchi were analyzed and the requirements for packaging of litchi, the distribution and packaging methods, the packaging materials and the new functional preservation packaging of litchi were summarized. Finally suggestions were put forward for the research direction of litchi storage and packaging technology. In conclusion, although the packaging technology of litchi has achieved fast development, but each method has different degrees of impairment. Therefore it is necessary to strengthen the efforts to develop a new pollution-free, functional fresh-keeping packaging technology.

KEY WORDS: Litchi; packaging; logistics; fresh-keeping

荔枝营养丰富、美味多汁, 是广东省的名优特色水果, 极具产业优势, 也是果农谋生致富的主要手段。荔枝采摘季节适逢盛夏高温, 果实数日内色香味渐失, 新鲜度下降, 严重影响其经济和商品价值, 据统计^[1], 荔枝的损耗极高, 每年损耗率大于

20%。新鲜的荔枝保存方法很多, 常用的有常温保存、低温冷藏、气调、热处理等; 化学试剂如低残留杀菌剂、抗氧化剂和臭氧水已成功应用在荔枝产业, 物理方法中的热处理被用于杀菌和延缓生理性衰老, 此外辐射和紫外线据报道也已被用作抗菌处

收稿日期: 2015-12-31

基金项目: 国家自然科学基金(31272135); 国家现代农业产业技术体系专项资金(CARS-33-12); 广东省科技计划(2014B070706018)

作者简介: 蒋侬辉(1973—), 女, 江西鹰潭人, 硕士, 副研究员, 主要研究方向为南方果树栽培育种及保鲜。

通讯作者: 向旭(1952—), 男, 四川自贡人, 研究员, 主要研究方向为荔枝分子育种研究。

理方法^[2]。

从我国国情来看,低温冷藏及气调为今后荔枝保鲜的趋势^[3]。荔枝贮运困难,限制了荔枝鲜果的远销,然而目前欧美等国家果蔬的产后损耗率大大降低(2%~5%),一方面是其采用了低温预冷、气调保鲜等先进的保鲜方法和全方位的冷链物流模式,另一方面就是其使用影像识别等技术对果蔬进行商品化处理,保鲜包装已机械化、自动化。合适的包装可以抑制采后水分散失,减少腐烂褐变,延长保鲜期和货架寿命,同时还能提高商品的美观度,因此合适的包装材料及方法对于荔枝乃至任何一种新鲜果实的保鲜物流都非常重要。

1 荔枝的外形与生理特征

1.1 荔枝的外形特征

荔枝外形多样,其果皮主要由内、中、外3层组成。外果皮由数层紧密排列的厚壁细胞组成,外覆不透水的角质层,存在龟裂片,大大增加了果皮的表面积,虽然具有一层蜡质层,但不连续,且较薄;中果皮主要是一些栅状组织、海绵组织及维管束组成;内果皮由数层排列紧密的细胞构成,细胞较小。果蒂部位由维管束和星状石细胞组成,细胞间隙多而大,由密到疏向外扩展^[4]。果皮与果肉在结构上完全分离,无输导组织相连,果皮失水时无法从果肉得到水分补充,荔枝果皮独特的结构特点决定了果实容易失水并导致失水褐变^[5]。

1.2 呼吸强度大

荔枝采后没有明显的呼吸高峰,为非跃变型果实^[6],果实的呼吸强度很高,常温下可达200 mg CO₂/(kg·h),低温下也有60~80 mg CO₂/(kg·h)^[3]。荔枝采摘时正逢高温季节,较大的呼吸作用将过度消耗营养成分,造成膜脂过氧化作用,果实衰老,品质劣变,这是导致荔枝不耐贮藏的一个重要原因。在合适的温度区间内,温度与果实的呼吸作用正相关。荔枝的乙烯产生量很低(0.1~0.5 μL/(kg·h)),尽管没有合成大量的乙烯,但乙烯在非跃变型果实成熟衰老中起重要作用^[6]。

1.3 易褐变

常温下荔枝果实如果无包装,数天内果皮很快褪去鲜红色,褐变随之发生。导致荔枝果皮褐变的因素很多,主要有果皮失水、酶及花色素苷结构的

变化及其相互作用^[7]。

果皮水分散失是褐变的主要原因之一,荔枝果皮的结构特点决定了果实容易失水;没有包装的荔枝在常温下1 d后,果实的失水率为8.2%,3 d后失水率为20.33%,果皮一般含水率在68%~75%,当果皮的失水达到自身质量的50%时,就开始出现褐变症状^[7]。包装能够降低失水,延缓果皮褐变。各包装方式下果皮的失水褐变与未包装时表现有所不同,如密封包装的果实在贮藏过程中水分变化很小,褐变可能是由于呼吸及薄膜袋内外的温度差造成的,袋内壁形成小水滴并与果皮接触,后导致生理失调,并破坏了细胞超微结构,膜透性迅速增加^[8]。

荔枝的酶促褐变中多酚氧化酶是参与褐变的重要酶之一。低温可抑制PPO的活性,果皮的褐变得到抑制。过氧化物酶(POD)可参与酚类、谷胱甘肽和维生素C氧化的催化反应而变色,说明POD与荔枝颜色褐化有较大关系^[9]。Underhill等^[10]发现几种花色苷构成荔枝果皮红色,随pH值的改变,花色苷所呈的色泽不同,刚摘下的荔枝果皮呈红色,pH值通常在3~5之间,伴随着贮藏中的逐渐褐变,pH值也相应地上升到5~7。花色苷的降解也会因pH值升高而加速。

1.4 易受微生物侵染

微生物侵染直接导致荔枝的腐烂变质,国内主要危害荔枝贮运期间的病菌有霜疫霉、酸腐病、炭疽病,其他真菌病害还有曲霉病、白霉病、镰刀菌果腐病、焦腐病、青霉病和果腐病等^[11]。荔枝保鲜包装的重点是有效控制以上病害发生。

2 荔枝对包装的要求

荔枝的生理特性及特殊的外形构造,导致其具有果皮极易失水褐变,并最终腐烂变质的特点,因此荔枝的包装除了起到一般商品包装的共性作用外,还要起到良好的防腐保鲜作用,主要是要借助包装维持荔枝贮运微环境中比较适宜的气体成分和相对湿度,或者靠包装材料中添加的特殊成分起作用,通常低温、高湿、低氧气、高二氧化碳、低乙烯、无菌的环境对荔枝保鲜有利,因此荔枝包装具有以下几点要求。

1) 保湿防潮。荔枝失水速度与环境中的相对湿度密切相关,湿度高,失水较慢,湿度低,失水加快。此外,失水速度还与果皮表面和周围环境的水汽压差正相关,因此未经预冷及包装的荔枝很快

发生褐变^[7]。荔枝贮藏较适宜的相对湿度为 90%~95%，因此贮藏环境保持较高的相对湿度很重要^[12]，所用包装应有较高的保湿和防潮性。小包装或通气的中型包装既能保湿又有易散热降温的作用，较适宜使用，内包装适宜使用具有自发气调作用的材料，聚乙烯(PE)膜等薄膜包装是经济实用的首选方式，但是也要避免包装薄膜内结露，以防微生物的繁殖导致果实腐烂，近年来开发的防雾膜、微孔或打孔透湿膜较好地解决了保湿防结露问题。

2) 气调作用。吕恩利等发现荔枝在气调运输中，运用 3 种包装方式，其保鲜效果由好到差依次为孔袋包装、密封包装、无包装。相对于无包装方式，密封包装方式和孔袋包装方式均可以明显地抑制荔枝质量损失率的下降和褐变指数的上升，孔袋包装可以更好地抑制荔枝褐变和维持荔枝较高的好果率水平^[13]。对多数荔枝品种而言，O₂ 的体积分数为 3%~5%、CO₂ 体积分数为 3%~5% 是荔枝贮藏较适宜的参数^[3]。选择的薄膜要对 O₂ 和 CO₂ 有较好的阻隔性。荔枝包装箱的开孔率应大于 12.3%，在差压预冷过程中适宜的开孔率应大于 17.1%。内包装的包装量以 0.5~1.0 kg 为宜，外包装可使用打孔纸箱、泡沫保温箱、木箱或竹箩，装载量约 5~10 kg，以便通风散热^[14]。

3) 承载能力强，易堆叠。远距离销售的荔枝常常需要在货场大量存放并使用箱式货柜车或海运集装箱的运输，这都要尽可能地堆码，堆码高度甚至要高于海运集装箱，因此外包装也要具有较好的承载力，以防止下层被压塌。荔枝包装采用纸箱、塑料箱的包装方式，保护性好，容易尺寸标准化、易搬运、易堆码，开口的纸箱必须有堆码固定耳和与之配合的固定槽。在周边等长的条件下，纵长与横长的比值为 5:3 左右时强度最大^[14]。

4) 温度稳定均匀。温度是果蔬保鲜的第一要素，适宜的温度有利于抑制果蔬呼吸，延长果蔬保鲜周期。对于多数荔枝品种而言，较适宜的温度参数应为 1~5 ℃^[15]。荔枝保鲜最基本的要求便是温度的稳定和均匀，这在包装上就要求设计合理、堆码合理和打孔合理。

3 荔枝的物流模式

3.1 常温

常温物流模式是指荔枝从采收到消费整个供应链物流中多数环节处于常温下，主要应用于辐射

半径短的本地销售以及荔枝产后加工。一般销售半径不大于 200 km，运输时间较短，小于 3 h，销售速度快。

3.2 简易冷链

简易冷链物流模式是荔枝从采收到消费整个供应链物流中多数环节是处于低温基本可控环境^[16]，是一种以常温运输车、泡沫箱、冰块三者相结合的冷藏方式，荔枝温度缓慢逐渐回升，但基本上处于能够控制的范围。这种模式主要用在辐射半径大于 200 km 的较远的同一省份销售以及北运。

3.3 冷藏保温冷链

冷藏保温冷链是指整个供应链物流中多数环节是处于低温可控的，运输工具采用冷藏保温车，温度保持恒温，确保了荔枝的最佳品质，在荔枝北运和出口中较为常用。研究证明^[17]荔枝采后预冷且低温条件下运输能够较好地维持荔枝贮藏期间的果实品质，但目前冷藏保温冷链物流模式所占的比例还很低。

4 荔枝的包装材料

4.1 内包装

内包装的主要作用是改善荔枝贮运的微环境，减少果实的碰撞和挤压。内包装包括软性包装（塑料薄膜、保鲜纸等）和散材（涂膜保鲜剂等）。

4.1.1 薄膜包装

目前常用的薄膜保鲜包装为透过性高的低密度聚乙烯(LDPE)和聚氯乙烯(PVC)，另外还有聚丙烯(PP)、聚酯(PET)、聚乙烯醇(PVA)、聚苯乙烯(PS)和聚丁二烯(BDR)、双向拉伸聚丙烯(BOPP)等^[18]。PE 膜价格便宜，无毒无味，在荔枝等水果的保鲜中应用量最大，其最适宜的厚度为 0.02~0.04 mm；PVC 的透气性稍低于 LDPE，但柔软性和韧性比较好，BOPP 具有透明度高、拉伸强度高、冲击强度高等特点，BOPP 薄膜包装处理的荔枝果实在低温环境中显示出较好的贮藏效果^[19]。

1) 自发气调薄膜包装。自发气调包装(MA)是利用包装内果实的呼吸作用和膜透气性之间的平衡，在包装内形成一种高二氧化碳、低氧气浓度的微环境，达到长期保鲜的目的。使用的材料以 PE 或 PVC 薄膜为主。荔枝的最佳气调包装条件为 O₂，

CO_2 的体积分数分别为5%, 3%^[3], 不同的包装材料对贮藏效果影响不同, 如PVC盒包装比PE袋包装腐烂率更低。采用PVC薄膜包装的荔枝果实贮藏在10℃下40d后, 失重率为6.4%, 而0℃下失重率仅为1.7%^[20]。

2) 乙烯吸附薄膜。薄膜中混入气体吸附性多孔物质, 如凝灰石、沸石等微粉末能吸附乙烯或阻断远红外线辐射。乙烯吸附薄膜中乙烯吸附剂的添加量为3%~5%, 国外凝灰石系薄膜, 如添加硅酐系陶瓷薄膜使用较多, 效果较好。

3) 防露薄膜。使用界面活性剂(如脂肪酸酯)处理PE, PP, PS等材料的内表面, 可吸收多余的水分, 能在一定程度上保持包装内湿度, 从而起到防腐保鲜的效果。

4.1.2 保鲜纸包装

保鲜纸是以纸质材料包装的单个果蔬, 或衬垫和托盘材料, 基本作用是防止贮运过程中的机械损伤, 防止虫害和灰尘对果蔬的侵染; 此外, 经过各种形式的处理, 还赋予它保湿、气调、杀菌及生理调节等多种功能。生产中保鲜纸多为 SO_2 保鲜纸。研究人员通过对“马达加斯加”荔枝进行熏蒸并结合不同的包装材料发现采用 SO_2 气体两段释放技术的“Uvasys”和“smartPac”保鲜衬垫优于微气孔袋^[21]。

4.1.3 涂膜包装

涂膜包装是将经选择配置的液体复合涂膜组分, 经过浸渍、喷洒、涂刷等手段, 附着在果实表面, 经固化后, 在果蔬表面形成稳定、极薄的涂层。这种方法抑制了呼吸强度, 降低了水分散失、氧化褐变和微生物的繁殖, 能很好地保持果实的营养价值和商品价值。在3℃低温下, 质量浓度为120 mg/L的海藻寡糖对乌叶荔枝浸泡涂膜2min, 贮藏28d后好果商品率可达93%^[22]。涂膜处理应注意尽量准确地控制涂膜剂的质量浓度和涂膜时间, 使果皮表面的膜厚度适宜且均匀。

4.2 荔枝的外包装

4.2.1 纸板及纸箱

瓦楞纸具有质轻、价廉、耐压性高、挺度高、缓冲性能较强、加工适应性强及环保等优势, 适合用于荔枝包装。近年来, 一些新型功能性保鲜纸板和纸箱在水果保鲜中获得了良好的应用, 其原理是通过对箱内果实进行气体调节、抑菌、抑制呼吸和抗氧化等多种作用而达到保鲜的目的。瓦楞纸箱主

要有隔热、控气和整体渗入这3种。梁艳君等^[23]研究发现荔枝等水果在配置有 SO_2 发生器的包装纸箱内贮藏, 相对较高的 SO_2 体积分数有利于延长荔枝的保鲜期。

4.2.2 泡沫箱

在荔枝泡沫塑料包装中, 聚苯乙烯泡沫塑料包装最为普遍, 多为加上盖的一体成形箱, 有较强的承重能力, 保温型泡沫箱是北运荔枝最常用的外包装, 包装的箱体分为9, 15, 20 kg等, 通常结合冰袋等蓄冷剂使用。一般经3d运输后, 仍能保持良好的风味, 好果率达93%以上, 水分损失率不超过3%~4%^[24], 但这种保鲜包装方式也有缺点, 如运抵目的地开启包装后, 果实迅速褐变, 货架期较短。

5 荔枝功能性保鲜包装的开发

1) 微孔保鲜膜。微孔保鲜膜在冬枣、草莓、甘蓝等果蔬上已得到了应用, 由于荔枝属呼吸强度较高的热带、亚热带水果, 贮运包装内容易积累 CO_2 , 因此微孔保鲜膜也可应用于荔枝在常温下的流通保鲜包装。它采用特殊工艺, 使薄膜上形成一定数量0.01~10 μm大小孔径的微气孔, 具有高透气率和透温防水性能, 能避免形成厌氧环境; 透气率比一般的低密度聚乙烯薄膜大几个数量级^[25]。Pesis^[26]等发现用微气孔薄膜包装的荔枝虽然降低了腐烂发生, 但风味口感比大孔薄膜包装略差。

2) 智能控释抗菌包装。智能控释抗菌包装可以模拟果蔬所需环境参数, 自动调节其贮藏中的环境变化。包装中通常结合智能元件或依据材料特性, 对温度、湿度、压力、气体组分进行有效检测、控制。此类包装通常有3层, 外层的主要功能是防止杀菌剂外溢, 中间层主要存放 SO_2 等杀菌剂, 内层主要是控制水分扩散。智能缓释 SO_2 杀菌剂的保鲜薄膜应用广泛。Schoeman等研究发现, 南非“Mauritius”荔枝在模仿出口条件(1℃, 30d)结合货架期(13℃, 12d)下使用标准智能缓释型 SO_2 保鲜纸, 能够显著降低货架期的真菌感染风险, 同时 SO_2 残留量不超过欧盟标准^[27]。

3) 纳米材料保鲜包装。纳米 TiO_2 具有抗菌杀毒、分解乙烯、吸收紫外线、自清洁、阻隔性良好等优异功能, 这些都是果蔬保鲜所需要的^[28]。包装表面涂上一层纳米 TiO_2 , 可以防止包装老化, 延长使用寿命。PE, PP以及PVC与纳米二氧化钛复合材料应用于果蔬保鲜研究较多, 壳聚糖与纳米二

氧化钛复配后可制成双效杀菌复合材料, 同时发挥有机抗菌剂和无机抗菌剂的功效^[29~30]。纳米技术的发展为改进常温荔枝保鲜技术提供了新途径。

4) 可食性保鲜膜。壳聚糖、改性纤维素、玉米蛋白质、魔芋甘露聚糖等均可作为可食性包装膜。荔枝经壳聚糖(2%)涂膜处理能获得较好的保鲜效果, 抑制水分、可溶性固形物及可滴定酸的降低, 同时减少褐变指数和腐烂率^[31], 壳聚糖以中等乙酰度为佳。此外, 魔芋葡甘聚糖^[32]、蜡质^[33]、海藻酸钠^[22]、羧甲基纤维素、阿拉伯胶、瓜尔豆胶等其他涂膜均对荔枝保鲜有良好的效果。由于其绿色环保、方便操作, 可食性膜逐渐被应用到荔枝及其他果蔬和食品的保鲜中。

5) 活性包装。活性包装体系主要包括吸收剂、释放剂和其他系统。吸收剂主要用于去除氧气、二氧化碳、乙烯、多余水分、污染物等不利于食品保鲜的成分, 释放剂能够及时向包装内释放有利于食品保鲜的成分, 如二氧化碳、抗氧化剂和防腐剂等^[34]。活性包装的趋势是将吸收剂或释放剂添加到包装材料内, 如乙烯吸附薄膜、防结露薄膜均是一种活性包装。

6 结语

单纯的贮藏保鲜技术仅仅解决了荔枝等农产品的大批量场所贮藏与堆放问题, 是无法完成保鲜任务的, 保鲜包装必须依靠保鲜贮藏技术、包装材料、包装技术。目前荔枝保鲜与包装主要以产地冰水预冷结合泡沫箱+蓄冷剂/冰块的方式, 内包装铺以打孔聚乙烯薄膜袋, 外包装多为打孔/不打孔的瓦楞纸箱, 在现代快捷物流的保障下, 保鲜品质有了较大的提升。尽管上述保鲜包装方式都可在一定程度上延长荔枝果实的贮藏期及货架期, 但均有待进一步完善, 因此还需要开发更为有效的荔枝综合保鲜包装方法。

可以从以下几个方面进行研究: 加大综合保鲜系统的开发, 建立产地预冷、冷藏运输链、冷藏库, 建立健全的采后处理技术体系, 完善产地到终端市场的冷链技术体系; 进一步开发缓释性包装、活性包装、智能包装、抗菌包装等新型无公害、功能性保鲜包装技术, 并有效地融合不同的包装技术, 同时将有效的保鲜技术与包装技术相结合; 进一步改善荔枝果品外观包装以提高竞争力。

随着消费者对食品安全的重视及对果品品质消费需求的提高, 荔枝的保鲜技术与各种新型的包

装技术相结合必将成为未来荔枝保鲜的趋势, 并将发挥越来越重要的重用。

参考文献:

- [1] 胡新宇, 宁正祥. 荔枝保鲜的研究与发展[J]. 食品与发酵工业, 2001, 27(4): 47—52.
HU Xin-yu, NING Zheng-xiang. Research and Development of Litchi Preservation[J]. Food and Fermentation Industry, 2001, 27(4): 47—52.
- [2] MAHAJAN P, CALEB O, SINGH Z, et al. Postharvest Treatments of Fresh Produce[J]. Philosophical Transactions of the Royal Society, 2014(13): 1—19.
- [3] 陈维信, 苏美霞, 李沛文. 荔枝气调贮藏的研究[J]. 华南农学院学报, 1982, 3(3): 54—59.
CHEN Wei-xin, SU Mei-xia, LI Pei-wen. Study on Controlled Atmosphere Storage of Litchi[J]. Journal of South China Agricultural College, 1982, 3(3): 54—59.
- [4] 洪启征, 谢知坚, 陈文军. 荔枝贮藏保鲜技术的研究[J]. 福建农学院学报, 1986, 15(1): 19—27.
HONG Qi-zheng, XIE Zhi-jian, CHEN Wen-jun. Study on Storage and Fresh Keeping Technology of Litchi[J]. Journal of Fujian Agricultural College, 1986, 15(1): 19—27.
- [5] 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[J]. 亚热带植物通讯, 2000, 29(3): 64—70.
JIANG Yue-ming, FU Jia-rui. Study on Postharvest Physiology and Storage Technology of Litchi Fruit Development[J]. Subtropical Plant Newsletter, 2000, 29(3): 64—70.
- [6] 江建平, 苏美霞, 李沛文. 荔枝果实在发育和采后的乙烯产生及其生理作用[J]. 植物生理学报, 1986, 12(1): 95—103.
JIANG Jian-ping, SU Mei-xia, LI Pei-wen. Postharvest Litchi Fruit in the Development and Production of Ethylene and Its Physiological Effect[J]. Plant Physiology, 1986, 12(1): 95—103.
- [7] 邓义才. 荔枝果实采后褐变的原因与控制[J]. 广东农业科学, 1997(1): 21—22.
DENG Yi-cai. Reason and Control of Postharvest Browning of Litchi Fruit[J]. Guangdong Agriculture Science, 1997(1): 21—22.
- [8] 邓义才, 朱慧英, 李安妮. 荔枝果皮褐变与果实失水呼吸变化的关系[J]. 广东农业科学, 1994(5): 17—19.
DENG Yi-cai, ZHU Hui-ying, LI An-ni. Changes of Pericarp Browning of Litchi Fruit and Water Breathing [J]. Guangdong Agriculture Science, 1994(5): 17—19.
- [9] 张昭其, 庞学群, 段学武, 等. 荔枝采后果皮花色素苷的降解与花色素苷酶活性变化[J]. 中国农业科学, 2003, 36(8): 945—949.
ZHANG Zhao-qi, PANG Xue-qun, DUAN Xue-wu, et al. Postharvest Litchi Pericarp Anthocyanin Degradation and Anthocyanin Enzymes[J]. Chinese Academy

- of Agricultural Sciences, 2003, 36(8): 945—949.
- [10] UNDERHILL S J R. Technology for the Manipulation of Lychee Skin Colour[C]. Proe Second National Lychee Symposium, 1989.
- [11] 王继栋, 朱两儒. 荔枝采后病害及防治技术研究进展[J]. 果树学报, 2002, 19(2): 128—131.
WANG Ji-dong, ZHU Liang-ru. Research Progress of Postharvest Diseases and Control Techniques of Litchi[J]. Journal of Fruit Trees, 2002, 19(2): 128—131.
- [12] JIANG Y M, FU J R. Postharvest Browning of Litchi Fruit by Water Loss and Its Prevention by Controlled Atmosphere Storage at High Relative Humidity[J]. Academic Press , 1999, 32(5): 278—283.
- [13] 吕恩利, 陆华忠, 杨松夏, 等. 气调运输包装方式对荔枝保鲜品质的影响[J]. 现代食品科技, 2016, 32(4): 225—233.
LYU En-li, LU Hua-zhong, YANG Song-xia, et al. Effects of Packing Modes on Fresh-Keeping Quality of Litchi in Controlled Atmosphere Transportation[J]. Modern Food Science and Technology, 2016, 32(4): 225—233.
- [14] 杨洲, 陈朝海, 段洁利, 等. 荔枝压差预冷包装箱内气流场模拟与试验[J]. 农业机械学报, 2012(1): 45—49.
YANG Zhou, CHEN Chao-hai, DUAN Jie-li, et al. Simulation and Experiment of Airflow Field in Cartons of Pressure-difference Pre-cooling for Litchi[J]. Journal of Agricultural Machinery, 2012(1): 45—49.
- [15] 郭嘉明, 吕恩利, 陆华忠, 等. 荔枝保鲜环境参数的研究现状与分析[J]. 广东农业科学, 2012(18): 105—107.
GUO Jia-ming, LYU En-li, LU Hua-zhong, et al. Research and Analysis on Environmental Parameters in Fresh-Keeping of Litchi[J]. Guangdong Agriculture Science, 2012(18): 105—107.
- [16] 文晓巍, 梁华思. 我国荔枝供应链结构与物流模式分析[J]. 广东农业科学, 2012(16): 193—196.
WEN Xiao-wei, LIANG Hua-si. Analysis on Litchi's Supply Chain Structure and Logistics Model in China [J]. Guangdong Agriculture Science, 2012(16): 193—196.
- [17] 李秋月, 龙桂英, 巴良杰, 等. 不同物流条件对荔枝采后贮藏期间果实品质的影响[J]. 广东农业科学, 2014(16): 96—111.
LI Qiu-yue, LONG Gui-ying, BA Liang-jie, et al. Effects of Logistics Condition on Fruit Quality of Post-harvest Litchi during Storage[J]. Guangdong Agriculture Science, 2014(16): 96—111.
- [18] 周晓媛, 蔡佑星, 蒋建平, 等. 荔枝的薄膜包装保鲜技术[J]. 包装工程, 2004, 25(2): 49—59.
ZHOU Xiao-yuan, CAI You-xing, JIANG Jian-ping, et al. Litchi Fresh-Keeping Technology of Film Packaging[J]. Packaging Engineering, 2004, 25(2): 49—59.
- [19] 唐海尧, 龚意辉, 梁淑兴, 等. 不同材料薄膜包装对采后荔枝保鲜效果的影响[J]. 包装工程, 2015, 36(9): 23—32.
TANG Hai-yao, GONG Yi-hui, LIANG Shu-xing, et al. Effect of Different Packaging Films on the Postharvest Preservation of Litchi Fruit[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(9): 23—32.
- [20] TONGDEE S C, SCOTT K J, MCGLASSON W B. Packaging and Cool Storage of Litchi Fruit .CSIRCO Food Research Quarterly, 1982, 42(3): 25—28.
- [21] WERMUND U, GOYARD J, JAHIEL M, et al. The Effect of Different Fumigation Protocols and Packaging Material on Litchi Fruit from Madagascar with Regard to Quality and Shelf Life[J]. ISHS Acta Horticulturae 1029: IV International Symposium on Lychee Longan & Other Sapindaceae Fruits, 2014(1): 371—378.
- [22] 陈毅勇, 吴士彬, 蓝炎阳, 等. 荔枝采后果皮变色分子机理研究[J]. 福建热作科技, 2013, 28(3): 22—27.
CHEN Yi-yong, WU Shi-bing, LAN Yan-yang, et al. Study on the Molecular Mechanism of Discoloration of Postharvest Litchi Fruit[J]. Fujian Science & Technology of Tropical Crops, 2013, 28(3): 22—27.
- [23] 梁艳君, 骆光林. 食品包装新技术[J]. 包装印刷, 2006(5): 78—81.
LIANG Yan-jun, LUO Guang-lin. New Technology of Food Packaging[J]. Packaging and Printing, 2006(5): 78—81.
- [24] 陈维信, 吴振先, 苏美霞, 等. 荔枝常温下泡沫箱加冰保鲜研究[J]. 广东农业科学, 2000(3): 27—28.
CHEN Wei-xin, WU Zhen-xian, SU Mei-xia, et al. Study on the Litchi Bubble Box with Ice[J]. Guangdong Agriculture Science, 2000(3): 27—28.
- [25] 曹菲, 张蕾. 微孔薄膜在果蔬气调包装中的应用及发展前景[J]. 中国包装, 2004(2): 56—59.
CAO Fei, ZHANG Lei. The Application and Developing Foreground of Micro-Perforated Film in Modified Atmosphere Packaging on Fruits and Vegetables[J]. China Packaging, 2004(2): 56—59.
- [26] PESIS E, DVIR O, FEYGENBERG O, et al. Production of Acetaldehyde and Ethanol during Maturation and Modified Atmosphere Storage of Litchi Fruit[J]. Postharvest Biology & Technology, 2002, 26(2): 157—165.
- [27] SCHOE MAN M H, BOTHA F A, KRUGER F J. Evaluation of a Universal Slow Release Sulphur Dioxide Sheet for the South African Litchi Export Industry[J]. IV International Symposium on Lychee Longan & Other Sapindaceae Fruits, 2014(1): 331—336.
- [28] 王震宇, 韩恩厚, 刘福春, 等. 纳米二氧化钛浓缩浆对硼酚醛环氧涂料性能的影响[J]. 表面技术, 2015, 44(12): 1—5.
WANG Zhen-yu, HAN En-hou, LIU Fu-chun, et al. Effect of TiO₂ Nano-concentrates on the Properties of Boron Phenolic-epoxy Coatings[J]. Surface Technology, 2015, 44(12): 1—5.
- [29] AVEHA M, VLIEGER J D, ERRICO M E, et al. Bio-

- degradable Starch/Clay Nanocomposite Films for Food Packing Application[J]. Food Chemistry, 2006, 93(3): 467—474.
- [30] 李红伟, 李雯, 付涛, 等. 低模量钛合金表面水热法制备含银二氧化钛抗菌薄膜[J]. 表面技术, 2015, 44(9): 50—55.
LI Hong-wei, LI Wen, FU Tao, et al. Hydrothermal Preparation of Antibacterial Ag-containing TiO₂ Film on a Low-modulus Titanium Alloy[J]. Surface Technology, 2015, 44(9): 50—55.
- [31] JIANG Y M, L1 J R, JIANG W B. Effects of Chitosan Coating on Shelf Life of Cold-Stored Litehi Fruit at Ambient Temperature[J]. Food Science and Technology, 2005, 38(7): 757—761.
- [32] 吴仲珍, 刘丽丹, 李育生, 等. 魔芋粉在采后果蔬保鲜中的应用研究进展[J]. 保鲜与加工, 2014, 14(4): 59—61.
WU Zhong-zhen, LIU Li-dan, LI Yu-sheng, et al. Research Progress of Application of Konjak Powder on Preservation of Fruits and Vegetables[J]. Storage and Process, 2014, 14(4): 59—61.
- [33] 张姣姣, 郝晓磊, 李喜宏, 等. 果蜡复合涂膜保鲜剂对荔枝贮藏效果研究[J]. 中国果树, 2015(6):55—58.
ZHANG Jiao-jiao, HAO Xiao-lei, LI Xi-hong, et al. Study on the Effect of Fruit Wax Composite Coating Preservative on Storage of Litchi[J]. China Fruit Tree, 2015(6): 55—58.
- [34] KRUIJF N, BEEST M, RIJK R, et al. Active and Intelligent Packaging: Application and Regulatory Aspects[J]. Food Additive and Contaminants, 2002, 19(4): 144—162.