

龙眼果实采收成熟度与耐贮性关系研究

韩冬梅¹, 吴振先², 李建光¹, 潘学文¹, 李 荣¹, 陈子健²

(1 广东省农业科学院 果树研究所, 广东 广州 510640;

2 广东省果蔬保鲜重点实验室, 华南农业大学 园艺学院, 广东 广州 510642)

摘要:以‘石硖’和‘古山二号’龙眼 *Dimocarpus longan* Lour. cv. Shixia and Gushan No. 2 为试材, 对果实成熟度与耐贮性之间的关系进行了研究. 结果表明: 在果实成熟期间, 品质指标可溶性固形物(TSS)和糖含量及内果皮褐变指数在果实完全成熟前后或过熟后都发生了阶段性变化, 提出以比成熟度作为量化衡量果实成熟度的重要参考指标. ‘石硖’和‘古山二号’龙眼果实最适贮藏的采收成熟度均为完熟前 8.5~9.0 成熟度(10 为完全成熟), 约为花后 90~95 d; 随着成熟度的提高, 果实质量损失率下降, 贮藏后好果率也下降, 与‘古山二号’龙眼相比, ‘石硖’龙眼的质量损失率较低, 耐贮性较高. 不同成熟度果皮细胞显微结构研究表明, 随着成熟度的增加, 果皮结构由致密逐渐变得疏松, 细胞结构变得模糊, 细胞间隙逐渐增大, 组织趋向分解, 其变化与果实衰老、耐贮性降低的变化一致, ‘古山二号’龙眼耐贮性较低, 这与其果皮组织结构比‘石硖’疏松有关.

关键词:龙眼; 成熟度; 果皮显微结构; 耐贮性

中图分类号: S667.2

文献标识码: A

文章编号: 1001-411X(2008)04-0012-05

Studies on Relationship Between the Harvest Maturity and Storability of Longan Fruits

HAN Dong-mei¹, WU Zhen-xian², LI Jian-guang¹, PAN Xue-wen¹, LI Rong¹, CHEN Zi-jian²

(1 Institute of Fruit Tree Research, Guangdong Academy of Agricultural Science, Guangzhou 510640, China;

2 Guangdong Key Lab for Postharvest Science of Fruit and Vegetable, College of Horticulture, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract: The relationships between harvest maturity and storability of ‘Shixia’ and ‘Gushan No. 2’ longan fruits were studied. The results showed that as the maturity increased, the content of TSS and sugar, the browning index all changed during stage of fruits fully ripened or over ripened. The relative maturity was used to evaluate the fruit maturity as an important quantitized index. The optimum harvest maturity for storability for both ‘Shixia’ and ‘Gushan No. 2’ longan fruits is between 8.5–9.0 maturity (10 for full ripening), about 90–95 d after anthesis; higher maturity at harvest led to lower mass loss of fruits and lower good fruit rate during the storage, with ‘Shixia’ longan fruits being lower in mass loss and better in storability than ‘Gushan No. 2’. Microstructure study on the pericarp at various stages of maturity showed that with the increase of maturity, the tissue of the pericarp gradually became loose, the cell structure got fuzzy, intercellular space expanded and the tissue tended to get decomposed. The changes in the structure of the pericarp were consistent with the changes of fruits’ senescence process and weakening storability. It was related to its loose structure of the pericarp that the storability of ‘Gushan No. 2’ was lower than ‘Shixia’.

Key words: longan; maturity; pericarp microstructure; storability

收稿日期: 2007-06-13

作者简介: 韩冬梅(1972—), 女, 副研究员, 硕士, E-mail: handm2004@163.com

基金项目: 广东省自然科学基金(05006240); 广东省科技厅农业攻关项目(2005B20901023, 2004B20401002)

龙眼 *Dimocarpus longan* Lour. 是我国南方特色珍贵水果之一。‘石硖’和‘古山二号’是广东省重要的主栽品种,成熟期为7月下旬至8月初,适逢酷暑,采收期短、完熟后“退糖”快是其重要成熟特征^[1]。龙眼果实完全成熟时含糖量最高,风味最佳,过熟后“退糖”则表现为含糖量下降、风味变淡、果肉组织纤维化、食用品质下降、不耐贮运。在生产上常常因为错过适宜采收期而导致果实耐贮性下降、快速衰老腐烂,带来不必要的经济损失^[2-4]。林河通等^[5]研究了福建油潭本龙眼不同采收期的理化特性与耐贮性的关系,认为适期采收可以确保龙眼果实具备较好的耐贮性。有关甜樱桃^[6]、梨^[7]、木瓜^[8]采收成熟度研究都表明,适期采收可以提高果实的耐贮性,延迟采收虽然可以增强果实的外观品质和营养水平,但耐贮性下降。本文研究了‘石硖’和‘古山二号’这2个龙眼品种不同成熟度果实的营养品质、组织结构变化对其耐贮性的影响,并提出了评价龙眼成熟度的量化衡量方法,为龙眼果实贮藏研究与生产实践提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试材及取样

试验时间是2006年7—9月,龙眼果实采自广东省农业科学院果树研究所龙眼品种园。供试品种为‘石硖’和‘古山二号’(以下简称‘古山’)。于花期各选择2株树势中等、花期一致的成年结果母树,树龄约24年,冠幅4~5 m,记录谢花期,‘石硖’、‘古山’果实进入完全成熟时间分别为花后101和98 d。自果实七八成熟开始,每隔5~7 d采果1次,其中部分果实用于理化指标测定,部分用于室温和低温贮藏试验。

1.2 方法

1.2.1 贮藏试验设计 室温贮藏:取20个果实,裸放于托盘中,室温31~33℃,7月28日至8月2日期间遇台风天气,室温降至26~28℃。每日定时称质量,计算质量损失率。放置5 d后剥开果实观察果肉情况,果肉未自溶且未腐烂长霉者为好果,计算好果率。重复3次。

低温贮藏:选取无病虫、无畸形、无落粒的果穗,剪单果,称取1 000 g果实用质量分数0.1%消毒灵和500 mg/kg施保克清洗消毒,晾干后用0.015 mm PE袋包装,置于(5±1)℃的恒温箱中贮藏,33 d后取出观察好果率、霉烂率和内果皮褐变情况。重复2次。

1.2.2 糖含量测定 随机取50个单果,榨取果汁,用斐林氏法测定,全糖质量浓度(mg/mL)=蔗糖质量浓度(mg/mL)+还原糖质量浓度(mg/mL);可溶

性固形物(TSS)质量分数用手持式折光测糖仪测定。比熟度=采收时TSS质量分数/最高TSS质量分数×10,代表果实的成熟度。

1.2.3 贮藏试验效果观察 质量损失率=(初始质量-每日质量)/初始质量×100%,好果率=好果数/试验总果数×100%,霉烂率=霉烂果数/试验总果数×100%。内果皮褐变分级参照韩冬梅等^[9]的方法,褐变指数=Σ(褐变级数×该级果数)/总果数。低温贮藏以1、2级果数之和为好果数。

1.2.4 果皮超微结构观察 分别对2个品种果实的最适贮藏、TSS质量分数最高和显著下降这3个时期的果皮进行显微结构观察。样品固定参照黄旭明等^[10]的方法,在果实赤道面附近剪取3 mm×3 mm大小的果皮,用体积分数4%戊二醛(内含质量分数0.5%抗坏血酸、0.1 mol/L pH7.0磷酸缓冲液)固定4 h以上,0.1 mol/L pH7.0磷酸缓冲液冲洗3次,φ=1%锇酸固定1 h后再用0.1 mol/L pH7.0磷酸缓冲液冲洗3次,每次10 min;然后用体积分数50%、70%、80%、90%、100%乙醇进行梯度脱水,每个体积分数10 min,用醋酸正戊酯脱水3次,每次15 min,采用CO₂临界点干燥,用导电胶把干燥后的样品粘于样品台上,离子溅射仪喷金,再用PHILIPS-FEI公司的XL-30环境扫描电镜依次扫描样品的外果皮、内果皮和剖面,加速电压为10 kV。

1.2.5 数据统计分析 采用SPSS 11.5软件进行数据统计分析。

2 结果与分析

2.1 龙眼果实成熟期间营养品质的变化

龙眼果实成熟期间TSS质量分数和糖质量浓度均表现出一定的变化规律,‘石硖’全糖和蔗糖质量浓度以花后101 d为转折点,‘古山’以花后105 d为转折点,前期上升,后期下降,而还原糖质量浓度呈持续缓慢上升趋势(图1)。(‘石硖’花后101~110 d、‘古山’花后98~110 d TSS质量分数达最高水平,期间无显著性差异($P < 0.05$),相对稳定10 d左右(图2a),因此可以认为2个品种龙眼果实完熟期约为10 d左右的时间,且均为花后100~110 d。由此说明果实完熟前至完熟期糖分不断积累,完熟时达最高水平,过熟后蔗糖、全糖质量浓度和TSS质量分数均有所下降,进入营养消耗期。

2.2 龙眼果实成熟期间比熟度与褐变指数的变化

比熟度与TSS质量分数的变化趋势完全一致,用比熟度的概念可以真实反映出果肉TSS质量分数变化情况,但又比TSS更加直观地表达果实的成熟度。比熟度10即为果实完全成熟,此前小于10为次

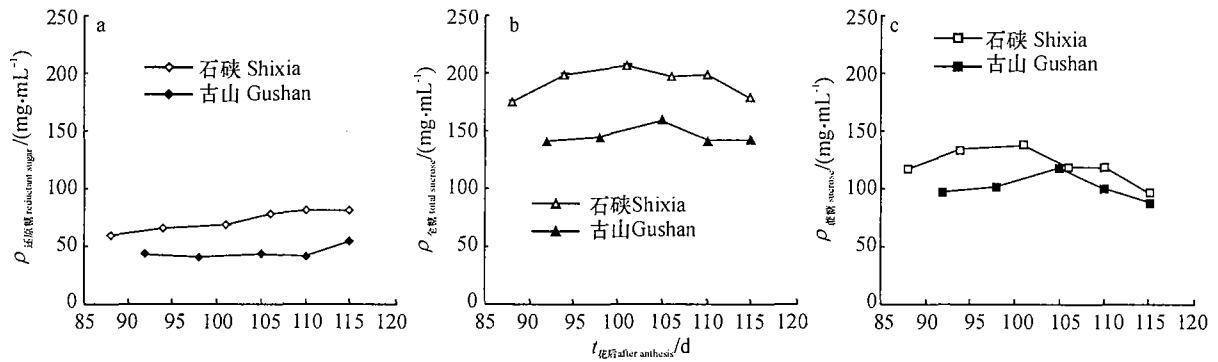


图1 石硌、古山龙眼果实成熟期间糖含量的变化

Fig. 1 Changes in sugar content of 'Shixia' and 'Gushan' longan fruits during maturing

成熟,数值越低表示成熟度越低;此后小于10为过熟,数值越低表示过熟程度越高。‘石硌’在过熟前5 d内果皮开始迅速褐变,过熟时褐变指数达2.05;

‘古山’在过熟时内果皮开始褐变,5 d后褐变指数升至0.3,可见在同等成熟度的情况下,‘石硌’的褐变指数明显高于‘古山’(图2b、2c)。

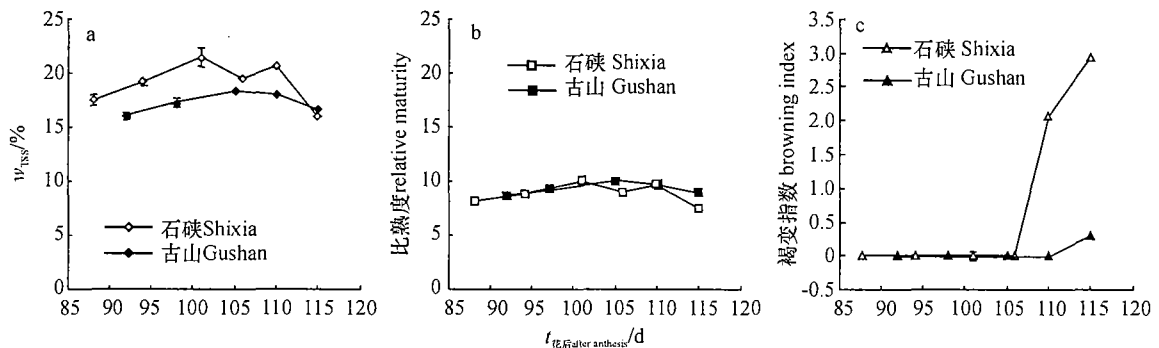


图2 石硌、古山龙眼果实成熟期间 TSS 含量、比熟度和内果皮褐变指数的变化

Fig. 2 Changes in TSS content, relative maturity and endocarp browning of 'Shixia' and 'Gushan' longan fruits during maturing

2.3 不同成熟度龙眼果实贮藏期间质量损失率变化

2个品种果实的质量损失率都是随成熟度的增加而逐渐降低,随存放时间的延长而明显提高。在室温存放的第1 d,2个品种的质量损失率相近,到了第3、5 d时,‘古山’明显高于‘石硌’,而且存放时间越长,差距越大(表1)。

2.4 不同成熟度龙眼果实贮藏效果比较

在贮藏期间,随成熟度增加,‘石硌’果实室温贮藏5 d后、低温贮藏33 d后均表现为花后94 d时好果率最高,霉烂率最低,尤其花后94 d果实低温好果率显著高于其他采收期果实,此时果实的比熟度为8.9;花后88 d和花后101 d的好果率接近,但前者霉烂率低于后者,其比熟度分别为8.2和10(图3a)。(‘古山’花后98 d的果实低温贮藏33 d后好果率最高,霉烂率最低,但与花后92 d差异不显著($P < 0.05$),其比熟度分别为9.3和8.7;室温贮藏以花后92 d的果实好果率最高,之后迅速下降至0,其后一直保持很低的好果率(图3b)。结合果实在室温和低温下的贮藏效果,可以认为2个品种的最适贮藏比熟度应为完熟前8.5~9.0,约为花后90~95 d,完全成熟和过熟后,耐贮性下降。

表1 不同采收期龙眼果实室温放置质量损失率的变化

Tab. 1 Changes in mass loss ratio of longan fruits in different days after storage at room temperature %

龙眼 longan	t/d	t _{花后} after anthesis/d						
		88	92	94	98	101	106	110
石硌 Shixia	1	8.99		8.21		6.72	8.28	5.09
	3	17.44		16.28		11.92	16.05	11.19
	5	24.28		22.70		18.81	20.59	17.54
古山 Gushan	1		8.23		7.47		5.36	7.09
	3		19.46		19.30		14.83	17.45
	5		30.38		30.12		27.73	25.76

2.5 不同成熟度龙眼果皮显微结构变化

龙眼果皮分为外果皮、中果皮和内果皮^[11]。最适贮藏成熟期龙眼果皮结构致密,细胞形状正常完整,外果皮由5~6层的扁平细胞叠生而成,表层角质化,凹凸不平,布满微裂口。中果皮由大小不一的维管细胞、薄壁细胞、石细胞以及结构致密的栓质组织构成。内果皮由1层薄壁细胞组成,表面附有1层薄薄的白色蜡质层(图4a)。完熟期外果皮结构开始变得模糊,微裂口增多增大;中果皮结构尚较完整,细胞间隙进一步增大;靠近内果皮的薄壁组织明显

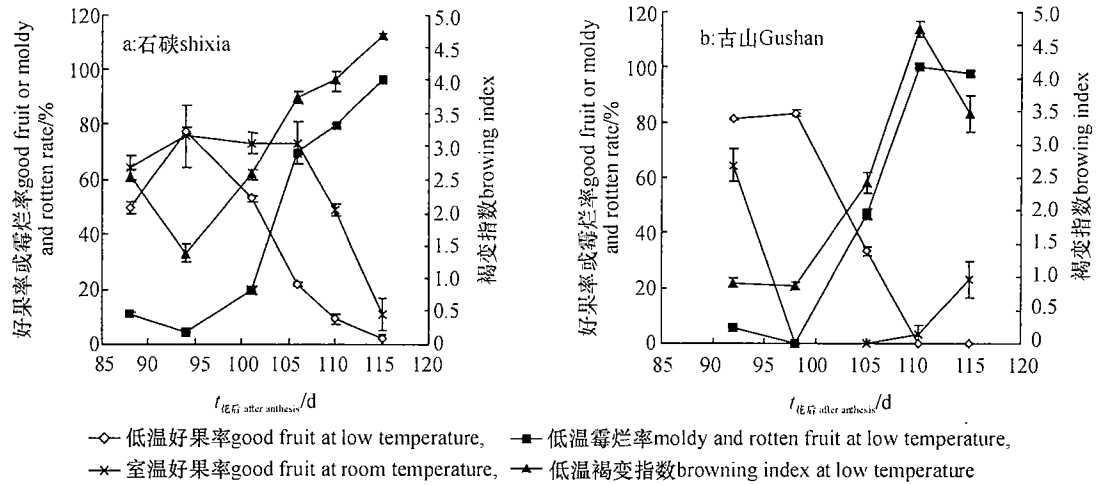
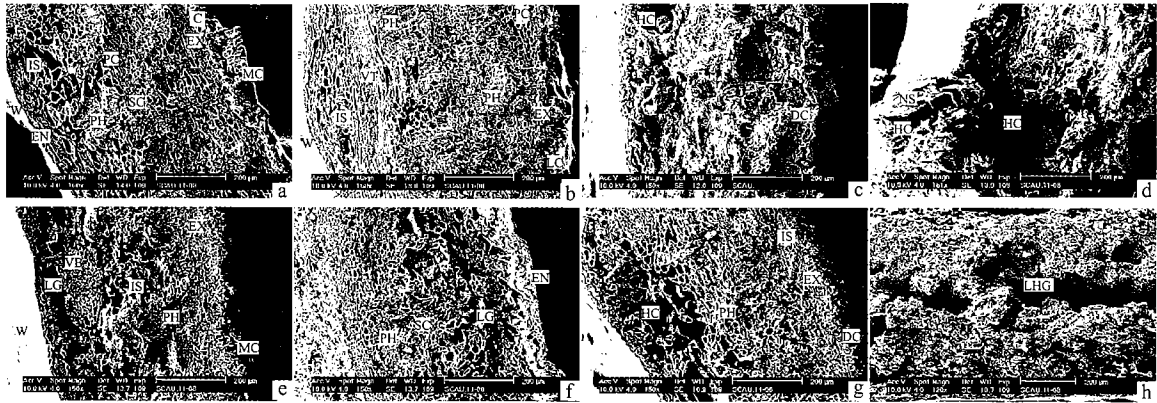


图3 龙眼果实室温5 d、低温33 d后的贮藏效果
Fig. 3 Effects of 'Shixia' longan fruits 5d after storage at room temperature and 33 d at low temperature



a~d:分别为‘石硖’果实最适贮藏成熟期(07-11)、完全成熟期(07-18)、过熟期(08-02)果皮剖面结构和过熟期内果皮“钉”状突起物剖面图; e~h:分别为‘古山’龙眼果实最适贮藏成熟期(07-05, 07-11)、完全成熟期(07-18)、过熟期(07-28)果皮剖面结构. EX:外果皮, EN:内果皮, W:蜡质层, PH:木栓组织, SC:石细胞, VB:维管束, C:角质层, IS:胞间隙, MC:微裂缝, PC:薄壁细胞, VT:导管, LC:大裂缝, HC:巨大空腔, DC:纵深裂缝, NS:“钉”状物, LG:层状隙, LHG:巨大层状隙
a~d: the longitudinal section of 'Shixia' fruit pericarp in optimum maturity for storage (07-11), full ripening (07-18), over ripening (08-02) and the "nail-like" structure on the endocarp; e~h: 'Gushan' fruit pericarp in optimum maturity for storage (07-05, 07-11), full ripening (07-18), over ripening (07-28). EX: exocarp, EN: endocarp, W: wax, PH: phellem organization, SC: stone cell, VB: vascular bundle, C: cuticle, IS: intercellular space, MC: microcrack, PC: parenchyma cell, VT: vessel tube, LC: large crack, HC: huge cavity, DC: deep crack, NS: 'nail-like' structure, LG: large gap, LHG: layered huge gap

图4 龙眼果实不同成熟度果皮显微结构图

Fig. 4 The microstructure of longan fruit pericarp in different maturity

松弛,并导致内果皮轻度不规则突起(图4b)。过熟时除了内果皮细胞尚较完整外,中果皮和外果皮细胞结构完全崩溃,似“木屑状”,出现巨大胞间隙(图4c)。过熟后内果皮表面不规则突起物的剖面结构,内部呈中空状,底部与中果皮之间出现巨大空隙,说明它的发生可能与中果皮结构松弛、胞间隙增大有一定关系(图4d)。

与‘石硖’相比,‘古山’最适贮藏成熟期果皮结构较疏松,栓质组织较少,中果皮靠近内侧结构出现巨大层状胞间隙(图4e、4f);完熟期中果皮层状胞间隙扩大,栓质组织逐渐分解,细胞边缘开始模糊,外果皮出现较大纵深裂缝(图4g);过熟后除内果皮

外,其他结构完全破坏,出现比‘石硖’更为明显的巨大层状裂缝(图4h)。总之,与同等成熟度‘石硖’相比较,‘古山’果皮结构较疏松,胞间隙大,栓质组织和石细胞也少,外表皮角质层薄,正是这些结构差异导致了他们在果皮硬度、致密度和透气透水能力方面的差异。

3 讨论

3.1 不同成熟期龙眼果实性状、品质变化与成熟度的关系

果实成熟期间内外品质性状的变化直观反映了果实的成熟度,有利于人们通过果实特征性变化较

准确地判断适合不同用途的采果时期^[12-13]。本研究认为‘石硖’和‘古山’龙眼果实成熟期间 TSS 质量分数和糖质量浓度、内果皮褐变指数都发生了阶段性变化,尤以 TSS 质量分数最为明显。果实甜度在完熟前稍淡;完熟时达最高,此阶段大约维持 10 d 时间,在花后 100~110 d;过熟后甜度显著减退。2 个品种相比较,‘古山’糖质量浓度低于‘石硖’,而内果皮褐变程度比‘石硖’轻。

一般认为,远销贮运用果宜适当早采,鲜食用果宜完全成熟时采收,过熟果基本失去了贮运和鲜食价值^[4],但如何较准确地判断龙眼果实的采收成熟度,一直没有一个可供参考的依据。林河通等^[5]研究认为,福建油潭本龙眼果实 85%~90% 成熟时宜长期贮运,90%~100% 成熟时宜短途运输、鲜食或干制,但未提出一个具体量化衡量果实成熟度的方法。本研究提出比熟度的概念能够更加准确地量化衡量龙眼果实的成熟度,但是年份和管理水平不同会影响当年果实的含糖量,因此还需结合果实的内外表现特征变化科学地判断果实的成熟度,从而确定适合不同用途的采收期。

3.2 不同成熟度龙眼果实质量损失率变化与耐贮性的关系

龙眼果实的质量损失率与贮藏性能具有一定关系,随着贮藏时间的延长,果实的质量损失率增高,耐贮性下降^[14]。本研究表明,随着成熟度提高,果实质量损失率逐渐降低,最适贮藏成熟度之后果实的耐贮性逐渐下降;随着贮藏期延长,果实质量损失率增高,且‘古山’明显高于‘石硖’,可能与品种之间的细胞、组织结构差异有关。2 个品种的最适贮藏比熟度均为完熟前的 8.5~9.0,约为花后 90~95 d,在同等成熟度的情况下,‘石硖’室温存放 5 d 后好果率明显高于‘古山’,与其质量损失率明显低于‘古山’的特性相一致,说明不同品种果实的质量损失率差异对其耐贮性具有一定的影响,质量损失率高,耐贮性低。

3.3 不同成熟度果皮显微结构变化与耐贮性关系

已有研究报道认为,龙眼果实成熟时的结构特征与其不耐贮藏具有必然的联系^[11,15],但不同成熟阶段的结构变化与贮藏能力的关系研究鲜见相关报道。本研究结果表明随着果实成熟度增加,龙眼果皮结构由致密变得疏松,细胞逐渐死亡,结构逐渐模糊,胞间隙不断增大,栓质组织趋向分解,总的来说是一个细胞逐渐崩溃的过程。最适贮藏成熟期(8.5~9.0 比熟度)果皮结构较为致密,细胞结构完整,栓质组织完好,此时果实耐贮性最强;完全成熟至过熟后,随着果皮结构的松弛和胞间隙的增大,失水和通气能力增强,果实氧化衰老生理活动加剧,病原菌侵

入机会增多,对降低龙眼果实的耐贮性产生直接影响。在同等成熟度条件下,‘古山’龙眼果皮结构比‘石硖’疏松很多,栓质组织少,与其室温条件下质量损失率明显高于‘石硖’而耐贮性较低的特性相一致。另外,显微结构观察表明,成熟度越高的果实,果皮越易失水,而事实上质量损失率却是降低,说明果肉水分减少是导致质量损失率降低的原因,可能与果肉水分含量降低、肉质纤维化有关。

参考文献:

- [1] 潘学文,唐小浪. 龙眼品种图谱[M]. 广州:广东科技出版社,2006:2-3,6-7.
- [2] 韩冬梅,苏美霞,吴振先,等. 龙眼贮藏保鲜及加工新技术[M]. 北京:中国农业出版社,2000:32-36.
- [3] 韩冬梅,蔡长河,吴振先. 龙眼果实的采后生理与贮藏特性[J]. 广东农业科学,2001(2):25-27.
- [4] JIANG Y M, ZHANG Z Q, JOYEE D C, et al. Postharvest biology and handling of longan fruit (*Dimocarpus longan* Lour)[J]. Postharvest Biology and Technology, 2002, 26(3):241-252.
- [5] 林河通,陈绍军,席玛芳. 采收期对龙眼果实品质和耐贮性影响[J]. 农业工程学报,2003,19(6):179-185.
- [6] DRAKE S R, ELFVING D C. Indicators of maturity and storage quality of ‘Lapins’ sweet cherry[J]. Hort Technology, 2002, 12: 687-690.
- [7] DRAKE S R, MIELKE E A, ELFVING D C. Maturity and storage quality of ‘concorde’ pears[J]. Hort Technology, 2004, 14(2):250-256.
- [8] SHIESH Ching-chang. Effects of maturity, storage temperature, ripening temperature and forced, hot-air treatment on the quality of papaya fruits (*Carica papaya* L. cv. Tainung No.2)[J]. Horticultural Science, 2001, 47(4):391-4408.
- [9] 韩冬梅,吴振先,季作梁,等. SO₂ 对龙眼果实的氧化作用与衰老的影响[J]. 果树科学,1999,16(1):24-29.
- [10] 黄旭明,王惠聪,黄辉白. 易褐变材料荔枝果皮透射电镜样品固定方法的改进[J]. 植物生理学通讯,2002,38(2):159-160.
- [11] 潘润操. 龙眼果实的显微结构与贮藏关系的探讨[J]. 广西农业大学学报,1994,13(2):185-188.
- [12] 李先明. 不同采摘期对金水2号梨果实性状的影响[J]. 北方果树,2001,4:8-10.
- [13] 吕金海,周书伟. 确定金秋梨最佳采收期的生理指标和形态指标[J]. 怀化学院学报,2003,22(2):57-58.
- [14] 韩冬梅,吴振先,陈维信,等. 龙眼采后果肉生理生化变化研究[J]. 华南农业大学学报,2002,23(1):21-23.
- [15] 屈红霞,孙谷畴,蒋跃明. 龙眼果实显微结构与果实耐贮性关系探讨[J]. 武汉植物学研究,2001,19(1):83-85.

【责任编辑 周志红】