

不同品种龙眼采后品质及贮藏特性的比较

武泽奕¹, 陈晓东¹, 罗焘¹, 吴振先^{1,2}, 韩冬梅³

(1. 华南农业大学园艺学院, 广东省果蔬保鲜重点实验室, 南方园艺产品保鲜教育部工程研究中心, 广东广州 510642) (2. 广东省荔枝工程技术中心, 广东广州 510642) (3. 广东省农业科学院果树研究所, 农业部南亚热带果树生物学与遗传资源利用重点实验室, 广东广州 510640)

摘要: 比较了 14 个不同品种龙眼果实成熟期品质, 以及在室温 (25 °C) 和低温 (4 °C) 条件下品质的变化和贮藏性的差异。结果表明: “储良”、“双孖木”、“赐合种”、“罗伞木”、“东壁”和“福眼”单果重>10 g; “东莞大果”、“古山二号”、“绿珠”和“水眼”单果重 8~10 g; 其余品种单果重<8 g。“储良”单果重最大, 果形指数>1.05, 可食率>70%, 是较优质品种。综合常温 and 低温条件下不同品种在感官指标和营养品质上的变化差异, 将龙眼分成三种类型: 不耐贮藏品种、耐贮藏品种和中等耐贮藏品种。其中“福眼”皮厚率<4%, 果皮最薄, 失重率最高, TSS 含量和 Vc 含量较低, 果皮褐变指数最高, 果肉自溶指数较高, 是不耐贮藏的品种之一。“石硖”果形较小, Vc 含量和 TSS 含量较高, 失重率较小, 褐变指数最低, 属于耐贮藏品种之一。

关键词: 龙眼; 品种; 品质; 贮藏性

文章编号: 1673-9078(2020)07-157-164

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2020.7.1212

Comparison of Postharvest Quality and Storability of Different Longan Varieties

WU Ze-yi¹, CHEN Xiao-dong¹, LUO Tao¹, WU Zhen-xian^{1,2}, HAN Dong-mei³

(1. College of Horticulture, South China Agricultural University/Guangdong Provincial Key Laboratory of Postharvest Science of Fruits and Vegetables/ Engineering Research Center for Postharvest Technology of Horticultural Crops in South China, Ministry of Education, Guangzhou 510642, China) (2. Guangdong Litchi Engineering Research Center, Guangzhou 510642, China) (3. Institute of Fruit Tree Research, Guangdong Academy of Agricultural Sciences/Key Laboratory of South Subtropical Fruit Biology and Genetic Resource Utilization, Ministry of Agriculture, Guangzhou 510640, China)

Abstract: The quality of 14 varieties of longan fruits ('Guangzao', 'Dongguan Daguo', 'Shixia', 'Luosanmu', 'Gushan No.2', 'Lvzhu', 'Shuiyan', 'Jidanben', 'Cihezong', 'Fuyan', 'Shuangmamu', 'Dongbi', 'Chuliang' and 'Fengliduo') at mature stage, and their storabilities under room temperature (25 °C) and low temperature (4 °C) conditions were studied. The results showed that 14 varieties of longan can be divided into big, middle and small fruits by its single fruit weight. 'Chuliang', 'Shuangmamu', 'Cihezong', 'Luosanmu', 'Dongbi' and 'Fuyan' belong to big fruits and the single fruit weight is more than 10 g; 'Dongguan Daguo', 'Gushan No.2', 'Lvzhu' and 'Shuiyan' belong to middle fruits and the single fruit weight is among 8~10 g; the other varieties belong to small fruits and the single fruit weight is less than 8 g. Among these varieties, 'Chuliang' has the largest single fruit weight, with a fruit shape index bigger than 1.05 and an edible rate more than 70%, showing a good fruit quality. The 14 varieties are classified into the high storability, the low storability and the middle storability based on their storabilities at normal and low temperatures. Among 14 varieties, 'Fuyan' is one of the varieties of the low storability. 'Fuyan' fruit has the thinnest pericarp thickness, lower contents of TSS and Vc in aril, and higher mass loss rate, pericarp browning index and aril breakdown index

引文格式:

武泽奕, 陈晓东, 罗焘, 等. 不同品种龙眼采后品质及贮藏特性的比较[J]. 现代食品科技, 2020, 36(7): 157-164

WU Ze-yi, CHEN Xiao-dong, LUO Tao, et al. Comparison of postharvest quality and storability of different Longan varieties [J]. Modern Food Science and Technology, 2020, 36(7): 157-164

收稿日期: 2019-12-10

基金项目: 国家荔枝龙眼产业技术体系 (CARS-32-14); 广东省扬帆计划团队项目 (2014YT02H013)

作者简介: 武泽奕 (1995-), 女, 硕士, 研究方向: 果品采后生理

通讯作者: 吴振先 (1971-), 男, 博士, 教授, 研究方向: 热带亚热带园艺产品采后科学与技术

during storage. 'Shixia' is one of the varieties of the high storability. 'Shixia' fruit has the smaller fruit size, lower mass loss rate and pericarp browning index, and higher contents of TSS and Vc in aril during storage.

Key words: longan; variety; quality; storability

龙眼, 无患子科龙眼属植物 (*Dimocarpus longan* Lour.), 又称桂圆、益智^[1]。龙眼是一种独特的热带和亚热带水果, 具有很高的营养价值^[2]。在包括中国、巴基斯坦、印度、泰国、越南、南非、澳大利亚和美国在内的许多国家和地区进行广泛的商业种植^[3-6], 其中我国是世界上龙眼栽培面积最大和产量最多的国家^[7]。龙眼是我国华南地区的主要果树之一, 以广东、福建、广西、海南最多, 四川、云南、重庆等次之。龙眼因富含糖、酸、维生素和磷质等, 具有健脾、健脑的作用, 故既有补益作用, 亦可入药, 可鲜食可加工。龙眼原产于我国, 已有 2000 多年的栽培历史, 经过长期的自然和人工选择, 形成了丰富的种质资源^[8], 据不完全统计, 我国目前已有 400 多个品种 (系)^[9]。

龙眼果实成熟于每年的 7、8 月份, 正当盛夏高温炎热时节, 采后龙眼生理活性活跃, 果实呼吸强度大, 代谢旺盛, 不易保存, 很容易导致品质的下降^[10]。在室温条件下贮藏, 龙眼果肉会迅速变软并产生汁液外流, 被称为“自溶”^[11]。采后果实极易发生果皮褐变、果肉自溶和果实腐烂等劣变^[12], 这些变化严重影响了龙眼采后果实的质量和商品价值, 也限制了其贮藏和长距离运输, 导致采后严重的损失。因此, 龙眼果实的采后研究是龙眼生产上不可或缺的环节之一, 寻找耐贮藏优质的龙眼品种是其产业上迫切需要解决的问题之一。

不同品种龙眼果实的贮藏性差异并不是单一因素影响的结果, 而是与许多外在因素和内在因素都有关联。韩冬梅等^[13]通过对 19 个品种的龙眼果实在室温和低温下的耐贮性分析, 以及耐贮性评价指标的作用和相关性分析, 确定不同品种的耐贮特性存在明显差异, 且影响龙眼果实耐贮性的因素很多, 包括品种特性、环境因素、气候条件、管理水平、采收期等, 其中品种是先决条件。本文研究了 14 个品种的龙眼果实品质特征和贮藏性特点, 旨在为生产上选择优质耐贮藏的龙眼品种提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验材料为“广早”、“东莞大果”、“石硖”、“罗伞木”、“古山二号”、“绿珠”、“水眼”、“鸡蛋本”、“赐合种”、“福眼”、“双孖木”、“东壁”、“储良”、“凤梨

朵”等 14 个品种的龙眼果实, 采收自广东省农业科学院果树研究所龙眼种质资源圃。各品种果实采收成熟度均为商业成熟度 (8~9 成熟)。果实采摘后立即运回华南农业大学广东省果蔬保鲜重点实验室进行处理和开展试验。选取大小均匀、无病虫害、无畸形和无机机械损伤的果实用于试验。

1.2 主要仪器设备

SQP 电子天平, 赛多利斯科学仪器 (北京) 有限公司; 佳能照相机 G7X, 佳能 (中国) 有限公司; Atago PAL-1 糖度计, 日本 ATAGO (爱拓); 电子游标卡尺, 上海沪工。

辉丰百克咪鲜胺厂家为江苏辉丰农化股份有限公司; 抗坏血酸、二水合草酸 (草酸) 和氢氧化钠厂家为广州化学试剂厂; 2,6-二氯酚靛钠盐厂家为上海蓝季科技发展有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 浸泡处理和贮藏

采摘的龙眼运回实验室, 摊开散去田间热后, 剪下单果, 用 500 mg/L 的咪鲜胺溶液浸泡 2 min, 取出晾干, 用于后续包装。贮藏试验的龙眼单果采用两种包装方式: (1) 每个品种的龙眼取 60 个单果, 平均分成 3 组, 置于塑料小托盘中, 不封膜, 放在恒温室内 (25℃) 贮藏。每天定时称取盘中龙眼的质量, 计算贮藏期间的失重率; (2) 取 630 个果用 0.025 mm PE 袋包装, 每袋装 30 个果实, 共 21 袋, 置于 4℃ 下恒温箱中贮藏。第 0 d 测定果实的单果重、横径、纵径、果皮厚度、种子重、果皮重。之后每隔 7 d 随机取 3 袋龙眼, 观察果皮褐变程度和果肉自溶等级, 并拍照记录。于贮藏第 0 d、21 d 和 49 d 测定果实的 TSS、Vc, 并进行取样。

1.3.2 经济性性状指标测定

测定每个品种果实的单果质量、纵径、横径、果皮厚度、种子重、果皮重、可食率、皮厚率、果形指数和外果皮色度等指标。第 0 d 随机取龙眼果实 20 个, 用游标卡尺测量果实的横径、纵径和果皮厚度, 用天平称量每个果实的质量、果皮重和种子重, 取平均值。

可食率 = (单果重 - 果皮重 - 种子重) / 单果重 × 100%

皮厚率 = 果皮厚度 / (横径/2) × 100%

果形指数 = 纵径 / 横径^[14]

1.3.3 失重率

记录贮藏前果实的初始重量,然后每天定时称取常温贮藏下(25℃)的龙眼果实质量,精确到0.01g,计算存放10d内的质量损失率。

失重率(%)=[(贮前果实重量-贮后果实重量)/贮前果实重量]×100%

1.3.4 可溶性固形物

龙眼果肉的可溶性固形物(TSS)含量采用糖度计测定,果肉去皮去核,榨出果汁滴在糖度计上,可直接测定出果肉的可溶性固形物(TSS)的含量,测三个重复。

1.3.5 维生素C

维生素C(Vc)含量的测定采用2,6-二氯酚靛酚滴定法进行测定^[15]。

1.3.6 褐变指数

每次随机取60个果,分为3组,每组20个果,观察龙眼果实外果皮和内果皮的褐变程度,记录褐变果实的数量,计算褐变指数。参照韩冬梅等^[16]介绍的方法,按照果皮褐变面积的大小将褐变程度分为6级:无褐斑的为0级,褐斑面积占果实面积小于1/4的为1级,褐斑面积占果实面积1/4~1/2的为2级,褐斑面积占果实面积1/2~3/4的为3级,褐斑面积占果实面积大于3/4且小于1的为4级,全部褐变的为5级。

褐变指数=Σ(褐变级数×各级果数)/总果数

1.3.7 自溶指数

每次随机取60个果,观察龙眼果实的自溶程度,记录自溶果实的数量,计算自溶指数。参照林河通^[11]等介绍的方法稍作修改,按照果肉自溶面积的大小将自溶程度分为6级。0级:果肉有弹性、果肉无自溶;1级:果肉变软、果肉自溶面积<1/4;2级:果肉变软、流汁,1/4≤果肉自溶面积<1/2;3级:果肉变软、流汁,1/2≤果肉自溶面积<3/4;4级:果肉糜烂,果肉自溶面积≥3/4;5级:果肉完全糜烂。

果肉自溶指数=Σ(自溶级数×该级果数)/总果数

1.4 数据分析

前期运用了Excel软件对实验数据进行了归纳和整理,所得数据为3次重复试验的平均值和标准误差,后期运用了Origin 8.5作图软件和SPSS Statistics 17.0数据分析软件对实验数据进行了显著性分析。 $p<0.05$ 表示差异显著, $p<0.01$ 表示差异极显著。

2 结果与讨论

2.1 龙眼果实单果重、果形指数、可食率和皮

厚率的比较

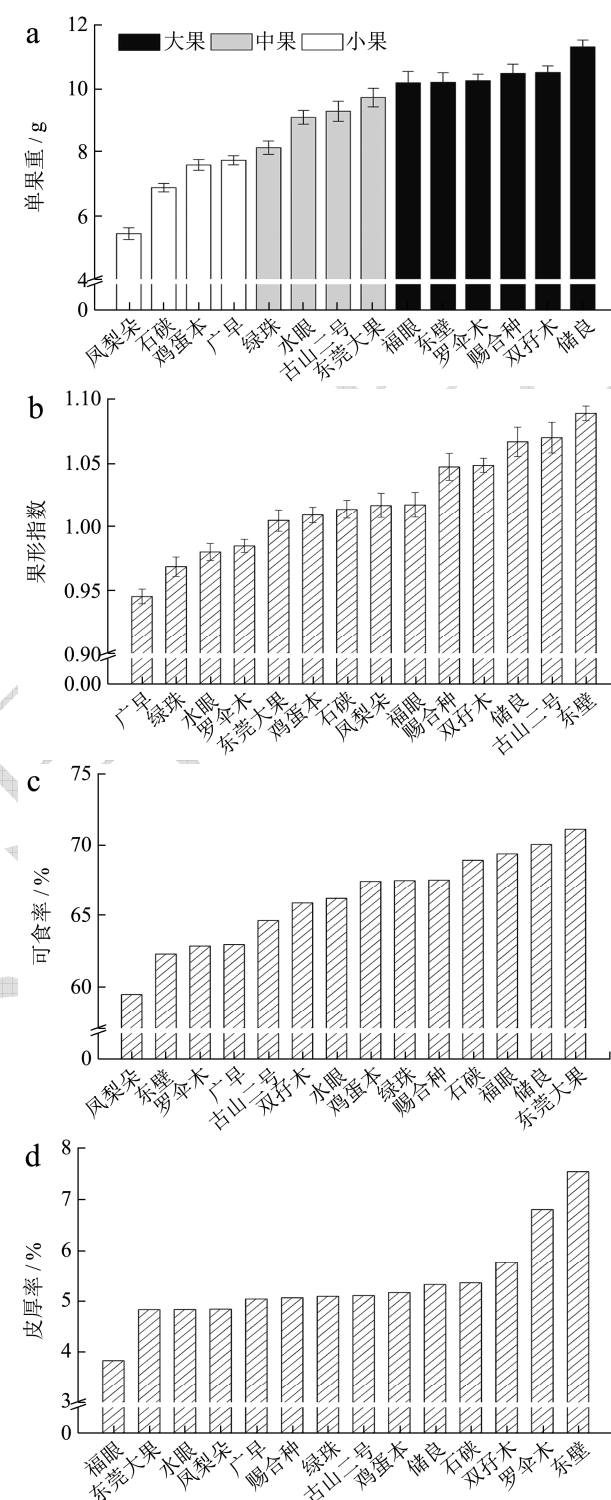


图1 14个品种龙眼果实单果重(a)、果形指数(b)、可食率(c)和皮厚率(d)的比较

Fig.1 Comparison of single fruit weight (a), fruit shape index (b), edible rate (c) and skin thickness rate (d) of 14 longan varieties

单果重和果形指数(纵横比)是评价龙眼果实大小和形状的重要指标。图1a和图1b可见,14个品种

中,“储良”、“双孖木”、“赐合种”、“罗伞木”、“东壁”和“福眼”等品种的果实较大,为大果型龙眼,平均单果重均超过了10 g,“凤梨朵”、“石硖”、“鸡蛋本”和“广早”等品种龙眼果实较小,为小果型龙眼,平均单果重均不超过8 g,“东莞大果”、“古山二号”、“绿珠”和“水眼”等品种龙眼果实属中果型龙眼,其平均单果重为8~10 g。果实的大小直接影响到龙眼的商品价值。从果形指数看,“东壁”、“古山二号”和“储良”的果形指数均超过了1.05,果实为扁圆形,而“广早”和“绿珠”果形指数小于0.97,果实长圆形,其他品种龙眼横纵径差异不大,果实接近规则的圆球形。

由图1c和图1d可知,14个品种龙眼中,“东莞大果”和“储良”的可食率最高,超过70%,”凤梨朵”的可食率最小,小于60%。“东壁”和“罗伞木”的果皮最厚,皮厚率大于6%;“福眼”的皮厚率小于4%,且与其他品种有显著差异。一般皮薄肉厚的品种皮厚率较小,且往往具有较高的可食率^[17],与本研究中的结果基本相符。

2.2 失重率变化的比较

失重率直观反映了不同品种龙眼果实的保水能力。室温下贮藏的龙眼果实失重较明显,有利于比较不同品种间的差异;而低温贮藏时采用PE袋包装,受包装影响,果实的失重差异不明显。因此,测定室温下龙眼贮藏过程中失重率,可以反映不同品种龙眼失重率的差异,是体现其贮藏性的一个重要指标。

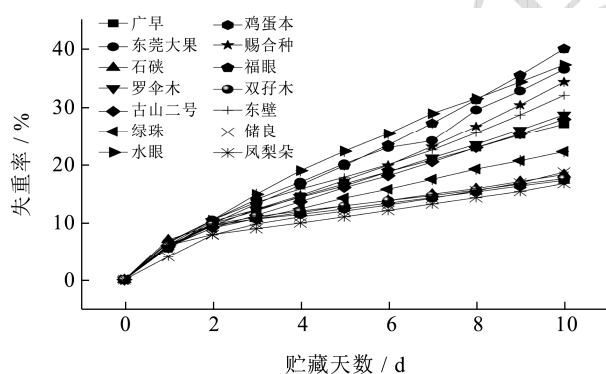


图2 14个品种龙眼25 °C贮藏过程中失重率变化的比较

Fig.2 Comparison of changes of mass loss rate of 14 longan varieties stored at 25 °C

室温(25 °C)下贮藏10 d,14个品种龙眼果实的失重率均呈直线上升的趋势。失重率的增加与果实的水分丧失和呼吸等代谢导致干物质成分的降解等有关。失重率的变化量体现了不同龙眼品种果实持水力的强弱和代谢损耗的大小。从图2可见,14个品种室温贮藏过程中,其失重率由高到低的顺序依次为:“福眼”、“水眼”、“东莞大果”、“赐合种”、“东壁”、“罗

伞木”、“古山二号”、“广早”、“绿珠”、“储良”、“石硖”、“双孖木”、“鸡蛋本”、“凤梨朵”。贮藏10 d时,“福眼”龙眼的失重率最高,为40.04%,与其它品种差异显著,而“凤梨朵”龙眼的失重率为16.72%,是14个品种中最低的(图2),此外,“鸡蛋本”、“双孖木”、“石硖”和“储良”等品种龙眼的失重率也较低。韩冬梅等^[18]比较了“古山二号”和“石硖”龙眼果实贮藏过程中的失重率变化,结果与本文一致。

2.3 可溶性固形物(TSS)含量变化的比较

不同品种果实贮藏性差异与果肉营养物质含量有密切关系。随着低温贮藏时间的增加,不同品种龙眼果肉的TSS含量均呈下降趋势。在14个龙眼品种中,“凤梨朵”龙眼的TSS含量最高,在贮藏前后均保持在23%以上,且在第21 d和49 d的降低率均较小。“福眼”、“水眼”和“东莞大果”等品种龙眼的TSS含量在贮藏中均不超过18%,含量较低,与其他品种差异显著。“罗伞木”龙眼贮藏21 d和49 d时TSS的降低率分别为10.11%和26.47%,显著高于其他品种。“石硖”龙眼贮藏21 d和49 d时TSS含量的降低率分别为1.18%和5.95%,明显低于其他品种。综合图1、图2和表1的结果可见,小果型的龙眼品种如“凤梨朵”、“鸡蛋本”、“石硖”等其TSS含量均较高,低温贮藏过程中TSS降低率小,在常温下失重率较低,说明小果和高TSS含量有利于龙眼果实品质的保持,也验证了李建光等^[17]人报道的果小或薄皮的龙眼品种大多具有较高TSS含量的结论。

2.4 维生素C含量变化的比较

维生素C是反映果实营养品质的一个重要指标,也是体现果实耐贮性的重要指标之一。表2可见,14个品种龙眼果实在低温(4 °C)贮藏过程中其果肉维生素C含量均呈显著的下降趋势,但品种间维生素C含量和不同贮藏时期的下降量有显著的差异。贮藏前期,“东壁”、“双孖木”、“绿珠”、“凤梨朵”和“罗伞木”等龙眼品种果肉维生素C含量高于45 mg/100 g,贮藏49 d时,除“双孖木”龙眼外,其它品种均低于40 mg/100 g;贮藏21 d时,“古山二号”、“水眼”果肉维生素C的降低率已经超过40%,而“凤梨朵”、“广早”龙眼的降低率低于8%;贮藏49 d时,“福眼”龙眼的降低率达到71.67%,“水眼”和“古山二号”龙眼的维生素C降低率也达到或超过50%,而“凤梨朵”和“石硖”龙眼的降低率不到20%。结果表明,龙眼品种间维生素C的氧化降解差异极为显著,表现出维持品质能力的差异明显。张容鹄等^[1]比较了“储

良”和“石硖”龙眼贮藏过程中维生素 C 含量的变化, 与本文的研究结果一致。
发现“石硖”龙眼的维生素 C 含量高于“储良”龙眼,

表 1 14 个品种龙眼果实 4 °C 贮藏过程中可溶性固形物 (TSS) 含量变化的比较

Table 1 Comparison of changes in Total Soluble Solids (TSS) contents of 14 longan varieties stored at 4 °C

品种类型	Tss 含量/%			21 d 降低率	49 d 降低率
	0 d	21 d	49 d		
广早	19.37±0.37 ^e	18.57±0.44 ^g	17.20±0.70 ^{fe}	4.13%	11.19%
东莞大果	16.43±0.26 ^f	15.80±0.26 ^h	15.43±0.20 ^h	3.85%	6.09%
石硖	21.66±1.40 ^{bc}	21.40±0.48 ^c	20.37±0.48 ^{cb}	1.18%	5.95%
罗伞木	21.81±0.95 ^b	19.60±0.06 ^{ef}	16.03±0.23 ^{hg}	10.11%	26.47%
古山二号	22.03±0.07 ^b	20.13±0.09 ^{de}	18.30±0.17 ^d	8.62%	16.93%
绿珠	21.37±0.38 ^{bcd}	19.67±0.15 ^{def}	17.40±0.42 ^{fed}	7.96%	18.56%
水眼	17.23±0.38 ^f	15.80±0.35 ^h	13.40±0.15 ⁱ	8.32%	22.24%
鸡蛋本	23.83±0.22 ^a	22.97±0.30 ^b	20.77±0.23 ^b	3.61%	12.84%
赐合种	20.03±0.54 ^{cde}	18.87±0.37 ^{fg}	18.03±0.15 ^{ed}	5.82%	9.98%
福眼	17.37±0.27 ^f	16.03±0.34 ^h	15.13±0.62 ^h	7.68%	12.86%
双籽木	21.80±0.31 ^b	20.63±0.12 ^{cd}	19.33±0.18 ^c	5.35%	11.31%
东壁	19.73±0.07 ^{de}	18.47±0.62 ^g	16.63±0.24 ^{gf}	6.42%	15.71%
储良	21.83±0.38 ^b	21.33±0.09 ^c	20.17±0.26 ^{cb}	2.29%	7.63%
凤梨朵	25.03±0.48 ^a	25.03±0.18 ^a	23.20±0.06 ^a	0.00%	7.32%

注: 表中字母表示同一时期的不同品种间的比较, 不同的英文字母表示在 0.05 水平差异显著 (Duncan 法)。

表 2 14 个品种龙眼 4 °C 贮藏过程果肉维生素 C 含量变化的比较

Table 2 Comparison in changes of Vitamin C content of 14 longan varieties stored at 4 °C

品种类型	维生素 C 含量/(mg/100 g)			21 d 降低率	49 d 降低率
	0 d	21 d	49 d		
广早	41.15±0.29 ^e	38.10±0.30 ^e	30.51±0.26 ^f	7.41%	25.86%
东莞大果	38.78±0.30 ^f	29.33±0.27 ^g	28.67±0.26 ^g	24.37%	26.09%
石硖	44.09±0.26 ^d	38.67±0.27 ^{de}	35.77±0.53 ^d	12.29%	18.87%
罗伞木	45.15±0.30 ^d	36.53±0.27 ^f	31.30±0.26 ^f	19.08%	30.68%
古山二号	44.84±1.32 ^d	26.13±0.71 ^h	16.31±0.26 ^j	41.72%	63.64%
绿珠	48.78±0.80 ^c	39.47±0.27 ^d	33.40±0.26 ^e	19.09%	31.53%
水眼	38.48±0.80 ^f	21.87±0.27 ⁱ	19.24±0.56 ⁱ	43.18%	50.00%
鸡蛋本	43.35±0.15 ^d	35.73±0.27 ^f	31.43±0.32 ^f	17.57%	27.51%
赐合种	23.55±0.15 ^g	19.73±0.27 ^j	13.47±0.56 ^k	16.21%	42.81%
福眼	24.90±0.30 ^g	17.87±0.27 ^k	7.05±0.32 ^l	28.25%	71.67%
双籽木	51.75±0.45 ^b	45.33±0.27 ^a	40.08±0.32 ^a	12.40%	22.54%
东壁	61.65±1.70 ^a	40.99±0.35 ^c	38.63±0.47 ^b	33.52%	37.33%
储良	37.50±0.35 ^f	28.70±0.26 ^g	26.70±0.31 ^h	23.46%	28.70%
凤梨朵	45.20±0.35 ^d	42.60±0.46 ^b	37.50±0.23 ^c	5.79%	17.05%

注: 表中字母表示同一时期的不同品种间的比较, 不同的英文字母表示在 0.05 水平差异显著 (Duncan 法)。

2.5 果皮褐变指数变化的比较

果皮褐变指数体现了龙眼果实贮藏过程中商品外观的变化, 是判断果实贮藏期和贮藏效果的主要依据之一。随着贮藏时间的延长, 14 个品种龙眼

果皮的褐变指数呈现缓慢上升到快速上升的规律。不同品种从缓慢上升转折为快速上升的时间点不同。由图 3 可见, 根据快速上升的时间点, 可将 14 个龙眼品种分为 3 个类型, 一是不耐贮藏品种, 贮藏 14 d 后果皮褐变指数开始快速上升, 包括“福眼”、

“水眼”和“绿珠”，贮藏28天时其果皮褐变指数接近4，已经失去商品价值；二是耐贮藏品种，贮藏35d后其果皮褐变指数才开始快速上升，包括“石硖”、“广早”、“古山二号”等龙眼品种，贮藏42d时褐变指数约为2左右，仍具有商品价值；三是中等耐贮藏品种，贮藏28d时果皮褐变指数开始快速上升，大部分品种属于这一类。不同品种龙眼果皮褐变指数在贮藏过程中的这种变化，与其果实形态结构^[19]、细胞壁代谢^[20]、褐变相关酶和底物、内含物的多少等因素有关。

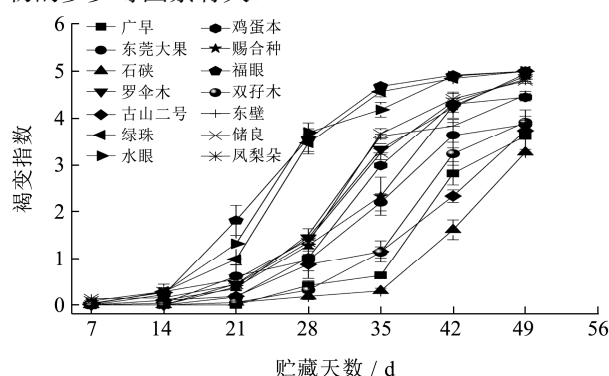


图3 4 °C下贮藏14个品种龙眼果皮褐变指数变化的比较

Fig.3 Comparison of pericarp browning index of 14 longan varieties stored at 4 °C

2.6 果肉自溶指数变化的比较

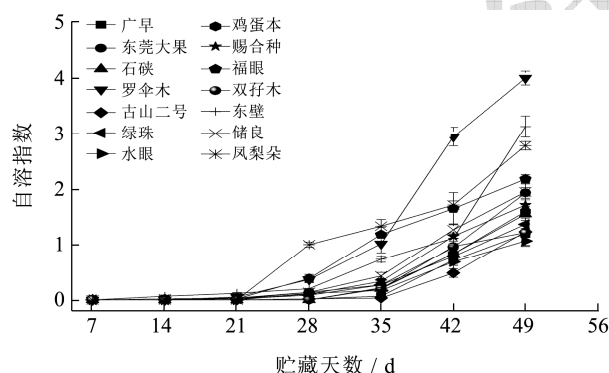


图4 14个品种龙眼4 °C贮藏过程中果肉自溶指数变化的比较

Fig.4 Comparison of changes of aril breakdown index of 14 longan varieties stored at 4 °C

果肉自溶是导致龙眼采后品质劣变的一个重要原因，出现自溶后的果肉失去食用价值，并很快出现果实流水、腐烂等情况。龙眼果肉自溶与果肉细胞壁物质^[3-7]、膜脂完整性^[21]、酶^[22]、微生物^[23]等因素有关。4 °C贮藏过程中，14个品种龙眼果肉的自溶指数均随贮藏时间的延长而逐渐升高（图4），但不同品种龙眼果肉自溶启动的时间和自溶程度加重的快慢有所不同。贮藏28d时，“凤梨朵”

龙眼的自溶指数最早开始出现明显升高趋势；贮藏35d时，“罗伞木”龙眼的果肉自溶指数开始迅速增加，此后一直保持在最高水平，贮藏42d时自溶指数已经达到3，失去食用价值。“凤梨朵”、“福眼”、“东壁”等品种贮藏42d后果肉自溶指数也显著增加。其他11个品种龙眼的自溶指数的变化差异不明显，其中以“水眼”、“广早”和“双仔木”的果肉自溶指数最低且彼此间差异不显著。

3 结论

3.1 龙眼果实不耐贮藏，表现为采后快速的失重，即使在低温下，也表现为快速的果皮褐变和果肉自溶，以及果肉营养品质在贮藏过程中的快速下降。本文所测的这些指标的结果，与前人的结果规律基本相同^[24-26]。低温贮藏下，不同品种的龙眼果实表现出明显的差异性，果实的贮藏效果可以从多个方面表现出来，包括果皮褐变、果肉自溶和营养品质指标的变化，能从表观和内质方面来评价不同品种的贮藏效果，是体现不同品种龙眼贮藏性差异的重要指标。

3.2 龙眼不同品种之间贮藏性有较大差异，前人研究大多比较2~3个品种龙眼的贮藏性差异^[13,13,14,19,21]，本文比较了来自同一果园的14个品种龙眼的贮藏性差异，更能从总体上反映不同品种贮藏性差异。综合常温和低温条件下这些品种在感官指标和营养品质上的变化差异，可以将它们分成三种类型：不耐贮藏品种，包括“福眼”、“水眼”、“绿珠”和“罗伞木”等品种；二是耐贮藏品种，包括“石硖”、“广早”、“古山二号”、“储良”等龙眼品种；三是中等耐贮藏品种，其它6个品种属于这一类。这种分类与韩冬梅等^[14]和李建光等^[17]的结果基本相符。

参考文献

- [1] 张容鸽,冯建成,邓浩,等.“储良”和“石硖”龙眼果实采后品质变化和贮藏性比较[J].保鲜与加工,2017,17(5):7-13
ZHANG Rong-hu, FENG Jian-cheng, DENG Hao, et al. Comparison of postharvest quality changes and storability between 'shixia' and 'chuliang' longan fruits [J]. Storage and Process, 2017, 17(5): 7-13
- [2] 张红娜,李建光,舒波,等.“石硖”龙眼果皮发育过程中糖代谢及相关酶活性变化[J].热带作物学报,2016,37(6): 1065-1068
ZHANG Hong-na, LI Jian-guang, SHU Bo, et al. Changes of sugar metabolism and related enzyme activities in the

- development of pericarp of 'shixia' longan [J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2016, 37(6): 1065-1068
- [3] Lin LJ, Lin YX, Lin HT, et al. Comparison between 'fuyan' and 'dongbi' longans in aril breakdown and respiration metabolism [J]. Postharvest Biology and Technology, 2019, 153: 176-182
- [4] Lin YX, Lin HT, Chen YH, et al. The role of ros-induced change of respiratory metabolism in pulp breakdown development of longan fruit during storage [J]. Food Chemistry, 2020, 305
- [5] Lin YX, Lin HT, Chen YH, et al. Hydrogen peroxide-induced changes in activities of membrane lipids-degrading enzymes and contents of membrane lipids composition in relation to pulp breakdown of longan fruit during storage [J]. Food Chemistry, 2019, 297
- [6] Lin Yuzhao, Li Na, Lin Hetong. Effects of chitosan treatment on the storability and quality properties of longan fruit during storage [J]. Food Chemistry 2020, 306
- [7] Lin YF, Lin YZ, Lin YX. A novel chitosan alleviates pulp breakdown of harvested longan fruit by suppressing disassembly of cell wall polysaccharides [J]. Carbohydrate Polymers 2019, 217: 126-134
- [8] 潘学文,唐小浪,李建光,等.龙眼品种图鉴[M].广州:广东科技出版社,2006,3
PAN Xue-wen, TANG Xiao-lang, LI Jian-guang, et al. An Album of Longan Varieties [M]. Guangzhou: Guangdong Science and Technology Press, 2006, 3
- [9] 高慧颖,姜帆,李韬,等.龙眼种质资源分类研究进展[J].福建果树,2007,2:27-30
GAO Hui-ying, JIANG Fan, LI Tao, et al. Research advances on classification of longan germplasm resources [J]. Fujian Fruits, 2007, 2: 27-30
- [10] 林河通,席珣芳,陈绍军,等.龙眼采后生理和病理及贮藏技术研究进展[J].农业工程学报,2002,18(1):185-190
LIN He-tong, XI Yu-fang, CHEN Shao-jun, et al. Research advances of postharvest physiology, postharvest pathology and storage and transport technologies for longan fruits [J]. Transactions of the CSAE, 2002, 18(1): 185-190
- [11] 林河通,赵云峰,席珣芳.龙眼果实采后果肉自溶过程中细胞壁组分及其降解酶活性的变化[J].植物生理与分子生物学学报,2007,33(2):137-145
LIN He-tong, ZHAO Yun-feng, XI Yu-fang. Changes in cell wall components and cell wall-degrading enzyme activities of postharvest longan fruit during aril breakdown [J]. Journal of Plant Physiology and Molecular Biology, 2007, 33(2): 137-145
- [12] 谷李桃,韩冬梅,李双双,等.龙眼采后果肉自溶研究进展[J].保鲜与加工,2016,16(2):99-104
GU Li-tao, HAN Dong-mei, LI Shuang-shuang, et al. Research advances on the pulp breakdown of postharvest longan fruit [J]. Storage and Process, 2016, 16(2): 99-104
- [13] 韩冬梅,李建光,李荣,等.不同龙眼品种果实的耐贮性比较[J].华南农业大学学报,2010,31(4): 6-11
HAN Dong-mei, LI Jian-guang, LI Rong, et al. Comparative studies on the fruit storability among different longan varieties [J]. Journal of South China Agricultural University, 2010, 31(4): 6-11
- [14] 韩冬梅,杨武,吴振先,等.龙眼果实贮藏品质理化指标评估体系的构建[J].华南农业大学学报,2015,36(6):39-46
HAN Dong-mei, YANG Wu, WU Zhen-xian, et al. Establishment of an evaluation system for longan fruit storage quality based on the physicochemical indices [J]. Journal of South China Agricultural University, 2015, 36(6): 39-46
- [15] 曹健康,姜微波,赵玉梅.果蔬采后生理生化实验指导[M].北京:中国轻工业出版社,2007
CAO Jian-kang, JIANG Wei-bo, ZHAO Yu-mei. Guidance on Postharvest Physiological and Biochemical Experiments of Fruits and Vegetables [M]. Beijing: China Light Industry Press, 2007
- [16] 韩冬梅,潘学文,李荣,等.石硖等 3 个品种龙眼果实成熟特性比较研究[J].福建果树,2008,147(4):22-27
HAN Dong-mei, PAN Xue-wen, LI Rong, et al. Comparison of maturing characteristics in three varieties of longan fruit [J]. Fujian Fruits, 2008, 147(4): 22-27
- [17] 李建光,韩冬梅,李荣,等.广州地区 19 个引进龙眼品种果实品质的评价与分类[J].热带亚热带植物学报,2010,18(4):415-420
LI Jian-guang, HAN Dong-mei, LI Rong, et al. Evaluation and classification on fruit quality of 19 varieties of longan introduced to guangzhou [J]. Journal of Tropical and Subtropical Botany, 2010, 18(4): 415-420
- [18] 韩冬梅,吴振先,李建光,等.龙眼果实采收成熟度与耐贮性关系研究[J].华南农业大学学报,2008,29(4):12-16
HAN Dong-mei, WU Zhen-xian, LI Jian-guang, et al. Studies on relationship between the harvest maturity and storability of longan fruits [J]. Journal of South China Agricultural University, 2008, 29(4): 12-16
- [19] 张居念,翁红利,林钟铨,等.“福眼”和“东壁”龙眼果实贮藏

- 藏性与采后品质变化比较[J].热带作物学报,2013,34(5): 989-994
- ZHANG Ju-nian, WENG Hong-li, LIN Zhong-quan, et al. Comparison of fruit storability and quality changes between harvested 'fuyan' and 'dongbi' longan fruits [J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2013, 34(5): 989-994
- [20] 刘熙东,吴振先,韩冬梅,等.龙眼采后果皮细胞壁代谢相关酶活性的变化[J].热带作物学报,2006,27(2):24-28
- LIU Xi-dong, WU Zhen-xian, HAN Dong-mei, et al. Changes of the cell-wall metabolism enzymes of pericarp of longan under storage [J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2006, 27(2): 24-28
- [21] 林育钊,林河通,林艺芬,等.“福眼”和“东壁”龙眼采后果肉自溶的差异性研究[J].中国食品学报,2017,17(11):181-186
- LIN Yu-zhao, LIN He-tong, LIN Yi-fen, et al. Studies on the differences of aril breakdown between harvested 'fuyan' and 'dongbi' longans [J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2017, 17(11): 181-186
- [22] Wu Z X, Chen Z J, Zhang H Y, et al. Study on the role of caspase-3 at longan pulp autolysis [J]. Acta Horticulturae, 2010, 863: 561-564
- [23] 刘爱媛,陈维信,程海慧.龙眼采后炭疽病及对贮藏效果的影响[J].果树学报,2006,23(1):77-80
- LIU Ai-yuan, CHEN Wei-xin, CHENG Hai-hui. Development of postharvest anthracnose of longan and the effects of the disease on storage life of the fruit [J]. Journal of Fruit Science, 2006, 23(1): 77-80
- [24] 韩冬梅,谷李桃,李双双,等.不同包装材料对龙眼果实贮藏特性的影响[J].热带作物学报,2017,38(12):2347-2354
- HAN Dong-mei, GU Li-tao, LI Shuang-shuang, et al. Effects of different packagings on the storability of longan (*Dimocarpus longan* Lour.) fruits [J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2017, 38(12): 2347-2354
- [25] 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):20-23
- HAN Dong-mei, WU Zhen-xian, CHEN Wei-xin, et al. Studies on the physiological and biochemical changes of longan (cv. shixia & chuliang) pulp after harvest [J]. Journal of South China Agricultural University, 2002, 23(1): 20-23
- [26] 韩冬梅,李建光,潘学文,等.龙眼果实的主要经济性状与耐贮性关系研究[J].中国南方果树,2009,38(6):12-15
- HAN Dong-mei, LI Jian-guang, PAN Xue-wen, et al. Studies on the relationship between the main economic traits and storage of longan fruit [J]. Southern China Fruits, 2009, 38(6): 12-15

(上接第 343 页)

- [23] 叶帆,巫广华,陈晓嘉,等.高效液相色谱法同时测定番茄红素油脂中的番茄红素及 β -胡萝卜素[J].现代食品,2019, 16:171-173
- YE Fan, WU Guang-hua, CHEN Xiao-jia, et al. Simultaneous determination of lycopene and beta carotene in lycopene oleoresin by HPLC [J]. Modern Food, 2019, 16: 171-173
- [24] Baranska M, Schütze W, Schulz H. Determination of lycopene and β -carotene content in tomato fruits and related products: comparison of FT-Raman, ATR-IR, and NIR Spectroscopy [J]. Analytical Chemistry, 2006, 78(24): 8456-8461
- [25] 欧阳顺利,周密,曹彪,等.利用二次谐波在体分析番茄中的番茄红素和 β -胡萝卜素含量[J].光谱学与光谱分析,2009, 29(12): 3362-3364
- OUYANG Shun-li, ZHOU Mi, CAO Biao, et al. Lycopene and β -carotene contents in tomato were analyzed by the second harmonic *in vivo* [J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2009, 29(12): 3362-3364
- [26] 刘沐霖,惠伯棣,庞善春.番茄红素人工合成产物与天然产物的鉴定[J].食品科学,2007,9:462-466
- LIU Mu-lin, HUI Bo-di, PANG Shan-chun. Identification of synthetic compound and natural product of lycopene [J]. Food Science, 2007, 9: 462-466