

# 荔枝气调贮藏时间对货架期品质变化的影响

杨松夏, 吕恩利, 陆华忠, 段洁利, 傅涛

(华南农业大学南方农业机械与装备关键技术教育部重点实验室, 华南农业大学工程学院, 广东广州 510642)

**摘要:** 为掌握荔枝气调贮藏时间对贮藏品质和货架期品质的影响规律, 本试验以“淮枝”荔枝为试验材料, 采用液氮充注气调保鲜试验平台进行试验, 研究了气调贮藏中荔枝贮藏品质的变化, 以及不同气调贮藏时间的荔枝分别在低温和常温条件下货架期品质的变化。结果表明: 气调贮藏过程中, 可滴定酸 (TA) 含量、色差  $L^*$ 、 $a^*$  值下降速度和质量损失率、褐变指数上升速度在气调贮藏前 7 d 较快, 而好果率、可溶性固形物 (TSS) 含量、色差  $b^*$  值在气调贮藏 14 d 后下降速度较快。随着气调贮藏时间的延长, 常温条件和低温条件下对应荔枝货架期品质逐渐下降, 但是对比常温和低温条件下荔枝品质变化发现, 低温条件下荔枝货架期品质下降速度低于常温条件, 低温条件对质量损失率、好果率以及色差  $a^*$  值的影响显著, 对褐变指数、TSS 含量、TA 含量的影响不显著。该研究为研究荔枝的气调贮藏和销售保鲜提供参考。

**关键字:** 荔枝; 气调; 货架期; 品质

文章编号: 1673-9078(2013)9-2068-2074

## Effects of Controlled Atmosphere Storage Time on Shelf Life Quality of Litchi

YANG Song-xia, LV En-li, LU Hua-zhong, DUAN Jie-li, FU Tao

(Key Laboratory of Key Technology on Agricultural Machine and Equipment, Ministry of Education, College of Engineering, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

**Abstract:** An experimental platform with controlled atmosphere (CA) by liquid nitrogen (LN<sub>2</sub>) injection was applied to study the effects of CA storage time on storage quality and shelf life quality of litchi. The quality changes of Huaizhi litchi during CA storage was investigated and the storage quality of litchi samples stored at low or normal temperatures was also detected. The results showed that titratable acid (TA) content, color difference  $L^*$  and  $a^*$  value of the samples decreased more rapidly. In the former 7 days, mass loss rate and browning index of the samples increased more rapidly while good fruit rate, total soluble solids (TSS) content, and color difference  $b^*$  value decreased more rapidly after a 14-day storage. With the extension of storage time and shelf life quality under the storage of room temperature and low temperature declined gradually. Moreover, the storage quality of litchi under low temperature decreased more slowly than at room temperature. Low temperature conditions showed remarkable influence on mass loss rate, good fruit rate and  $a^*$ , but had a slight impact on browning index, TSS and TA. This research provided a reference for the study of preservation and market of litchi.

**Key words:** litchi; controlled atmosphere; shelf life; quality

荔枝 (*Litchi chinensis*) 是中国华南地区特色水果, 其色香味俱佳, 是国内外市场上极具竞争力的水果之一。但由于荔枝成熟于高温高湿季节, 较易腐烂变质, 货架期较短, 采收后常温条件下 36 h 即发生褐变和腐烂, 采后流通中因腐烂变质造成的损失约占总产量的 20% 以上<sup>[1]</sup>。因此, 研究荔枝的采后保鲜技术, 降低荔枝腐烂损失, 延长货架期寿命, 对于发展荔枝产业

收稿日期: 2013-04-27

基金项目: 国家科技支撑计划项目课题 (2013BAD19B01)

作者简介: 杨松夏 (1987-), 男, 博士, 主要从事农产品冷链物流研究

通讯作者: 陆华忠 (1963-), 男, 博士, 教授, 主要从事农产品冷链物流、

农业机械工程研究

具有重要意义。气调保鲜是当今世界最先进的保鲜方式之一, 通过调节保鲜环境的温度、相对湿度、气体成分, 从而达到抑制呼吸作用, 延长保鲜时间的目的。国内外对荔枝的气调保鲜展开了深入研究。李勇祁等<sup>[2-3]</sup>对低温条件下不同气体浓度对荔枝保鲜品质的影响展开研究, 探索了荔枝气调保鲜适宜的气体浓度配比。Jiang<sup>[4]</sup>等人研究了气调高湿贮藏环境对荔枝褐变的影响。Mahajan 等<sup>[5-6]</sup>对比研究了气调贮藏和低温贮藏对荔枝保鲜品质的影响。Mangaraja 等<sup>[7-8]</sup>则研究了气调包装对荔枝品质与生理指标的影响。以上有关荔枝气调保鲜贮藏和气调包装的研究表明, 气调保鲜可以有效抑制荔枝呼吸和褐变。然而, 有关不同气调贮

藏时间对荔枝货架期品质影响的研究相对较少。本实验应用液氮充注气调保鲜试验平台, 研究荔枝气调贮藏时间对荔枝品质的影响, 以及不同气调贮藏时间后荔枝在常温与低温条件下货架期品质的变化, 为研究荔枝的气调贮藏和销售保鲜提供参考。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验平台

试验平台为液氮充注气调保鲜试验平台, 结构如图1所示。试验平台尺寸(长×宽×高)为2.38 m×1.28 m×1.40 m, 厢体结构为压差式结构。实验平台工作原理: 试验平台的控制器根据传感器系统采集的厢体环境信息, 控制执行机构工作, 调节厢体内的温度、相对湿度、氧气浓度<sup>[9-10]</sup>。控制器为可编程控制器(SIMENS S7-300型 PLC, 西门子中国有限公司)。传感器系统包括温度传感器(范围-20℃~80℃, 精度±0.3℃, 广州西博臣科技有限公司)、相对湿度传感器(范围0~100%, 精度±3%, 广州西博臣科技有限公司)、氧气传感器(范围0~25%体积分数, 精度±1%, 深圳蓝月测控技术有限公司)。执行机构包括制冷机组(2匹, 三菱制冷设备有限公司)、变频风机(HYA250型, 广州市越秀区好丞风机电设备经营部)、超声波雾化振子(JAS-20-B型, 中山市红星电子厂)、液氮罐(YDZ-75型, 北京君方科仪科技发展有限公司)、换气阀(2W-40型, 乐清市茗山电气有限公司)。该平台调节灵敏, 工作可靠, 智能化程度高, 可对多种水果蔬菜进行气调保鲜。

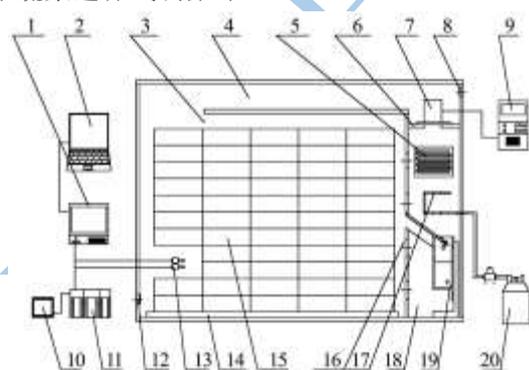


图1 气调保鲜试验平台结构示意图

Fig.1 Schematic diagram of CA experimental platform

注: 1.记录仪, 2.计算机, 3.保鲜室, 4.回风道, 5.制冷机组蒸发器盘管, 6.风机安装板, 7.离心风机, 8.进气电磁阀, 9.变频器, 10.触摸屏, 11.控制系统(S7-300), 12.排气阀, 13.厢体后部传感器组(温度、湿度、氧气、二氧化碳传感器), 14.气流导轨, 15.荔枝筐, 16.开孔隔板, 17.液氮充注汽化盘管, 18.压力室, 19.加湿机, 20.自增压液氮罐。

### 1.2 试验材料

试验荔枝品种为“淮枝”, 清晨采自广州市从化荔枝果园, 果实成熟, 着色充分。采后立即运回实验室, 剪去果枝, 去除伤果、病果, 采用冰水预冷15 min, 晾干后进行处理。

### 1.3 试验处理

将荔枝用0.05 mm厚的开孔聚乙烯袋(开孔率1.2%)包装后盛放于塑料筐内, 然后将塑料筐置于试验平台内进行试验。试验分别设气调贮藏0 d (L1), 7 d (L2), 14 d (L3), 21 d (L4), 28 d (L5)等5个处理。气调贮藏试验环境参数为: 温度3~6℃, 氧气浓度3~6%, 相对湿度90~95%<sup>[11]</sup>。每一气调贮藏后立即进行货架期试验。在进行货架期试验时, 将荔枝分为两组, 分别用0.05 mm厚的开孔聚乙烯袋(开孔率1.2%)进行包装。其中一组别置于26℃~28℃的常温条件下, 一组置于加冰的泡沫箱中(泡沫箱长×宽×高为500 mm×370 mm×340 mm, 冰壶为2个装满冰的2.5 kg/个的塑料壶)。货架期试验指标检测周期为6 h, 若其中一组的荔枝褐变级数均为3级以下时, 停止该组试验。

### 1.4 测定方法

#### 1.4.1 质量损失率

采用JM型电子天平(量程15 kg, 精度0.1 g, 余姚市纪铭称重校验设备有限公司)对荔枝果实进行称重。

质量损失率=(试验前样本果重量-试验后样本果重量)/试验前样本果重量×100%。

#### 1.4.2 好果率

参照宋光泉等<sup>[12]</sup>的方法, 将褐变级数为1和2的果实定为好果。

好果率=(1级果质量+2级果质量)/调查果实总质量×100%。

#### 1.4.3 褐变指数

采用分级法统计果皮褐变指数, 荔枝褐变分级标准: 1级果为全红; 2级果为果实表面出现轻度褐变, 而果表面红色面积仍多于果皮表面积的3/4; 3级果为中度褐变, 褐变面积和鲜红面积基本各占果表面一半; 4级果为重度褐变果, 果实表面基本被褐变面积所占, 红色面积不足果皮表面积的1/4; 5级果为全褐<sup>[13]</sup>。

褐变指数=∑(褐变级数×各级褐变果数)/调查果实总数。

#### 1.4.4 可溶性固形物含量

采用手持式折光仪测定可溶性固形物含量。试验采用 RHB32 型手持式折光仪（测量范围 0~32 °Brix，最小刻度 0.2 °Brix，准确度±0.2 °Brix，石家庄泰斯特仪器设备有限公司）。

### 1.4.5 可滴定酸含量

采用碱滴定法测定可滴定酸含量。

可滴定酸含量 = (NaOH 标准溶液浓度 × 消耗 NaOH 标准溶液体积 × 0.067) / 用于滴定的果汁体积 × 100%。

### 1.4.6 果皮色差

采用色差计测定荔枝果皮的 L\*、a\*、b\* 值。L\* 代表亮度（数值 0~100），a\* 代表颜色变化（数值 -60~60，从绿到红），b\* 代表颜色变化（-60~60，从蓝到黄）。试验采用 DC-P 型全自动测色色差计（北京市兴光测色仪器公司）。

## 2 结果与分析

### 2.1 气调贮藏时间对荔枝贮藏品质的影响

试验以质量损失率、好果率、褐变指数、可溶性固形物（TSS）含量、可滴定酸含量（TA）和色差等指标表征荔枝的品质变化，各指标变化情况如下。

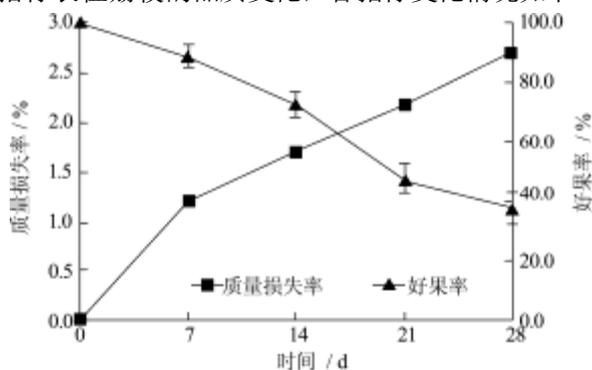


图2 荔枝气调贮藏中质量损失率、好果率变化曲线

Fig.2 Variation curve of mass loss rate and good fruit rate in CA storage

质量损失主要是由荔枝失水引起的，质量损失率反映了荔枝失水情况。由图2可以看出，随着贮藏时间的延长，荔枝质量损失率逐步增加。在气调前7d，质量损失相对较快，可能原因是在贮藏环境首次调节过程中，风机工作频率大、工作时间长导致失水较多。气调7d后，质量损失较慢，第28d质量损失率为2.70%。质量损失率 y 与气调贮藏时间 x 的回归方程为  $y=0.280+0.091x$  ( $R^2=0.954$ )。

好果率是衡量水果货架期品质和商品价值的重要指标之一。由图2可以看出，随着贮藏时间的延长，荔枝好果率逐步下降。在气调7d后荔枝好果率下降

为 89.00%，14 d 后好果率下降较快，28 d 后降为 38.10%。好果率 y 与气调贮藏时间 x 的回归方程为  $y=102.600-2.359x$  ( $R^2=0.979$ )。

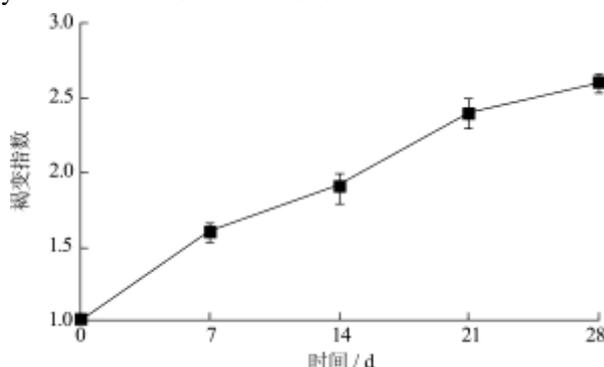


图3 荔枝气调贮藏中褐变指数变化曲线

Fig.3 Variation curve of browning index in CA storage

褐变指数反映荔枝的褐变程度，是荔枝是否具备商品性较为直观的判断指标。由图3可以看出，随着贮藏时间的延长，褐变指数逐渐增加。气调贮藏前7d，褐变相对较快，可能由于前7d荔枝失水过多所致。7d后褐变指数为1.60，14d后褐变指数处于较高水平，28d后荔枝褐变指数增加至2.60。褐变指数 y 与气调贮藏时间 x 的回归方程为  $y=1.100+0.057x$  ( $R^2=0.976$ )。

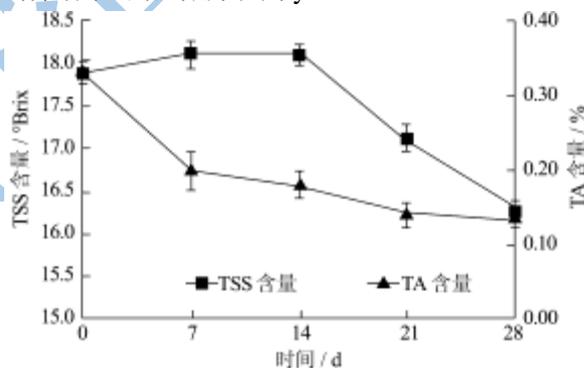


图4 荔枝气调贮藏中 TSS 含量、TA 含量变化曲线

Fig.4 Variation curve of TSS content and TA content in CA storage

可溶性固形物（TSS）主要指能溶于水的糖和其他溶于水的物质，适宜的 TSS 含量可以赋予荔枝良好的风味。由图4可以看出，随着贮藏时间的延长，荔枝 TSS 含量先上升后下降，导致上升的可能原因：荔枝持续失水导致 TSS 浓度升高；荔枝果实内不可溶性糖向可溶性糖转化<sup>[4]</sup>。TSS 含量在 14 d 时达到最大值 18.10 °Brix，14 d 后 TSS 含量开始下降，28 d 后荔枝 TSS 含量降至 16.30 °Brix。可溶性固形物含量 y 与气调贮藏时间 x 的回归方程为  $y=17.911+0.062x-0.004x^2$  ( $R^2=0.971$ )。

可滴定酸与糖一样，是影响果实风味品质的重要因素。由图4可以看出，随着贮藏时间的延长，

荔枝 TA 含量逐渐减小。气调贮藏前 7 d TA 含量下降较快, 7 d 后 TA 含量降至 0.20%。7 d 后 TA 含量下降速度减小, 21 d 后 TA 含量降至 0.14%。可滴定酸含量  $y$  与气调贮藏时间  $x$  的回归方程为  $y=0.288-0.007x$  ( $R^2=0.823$ )

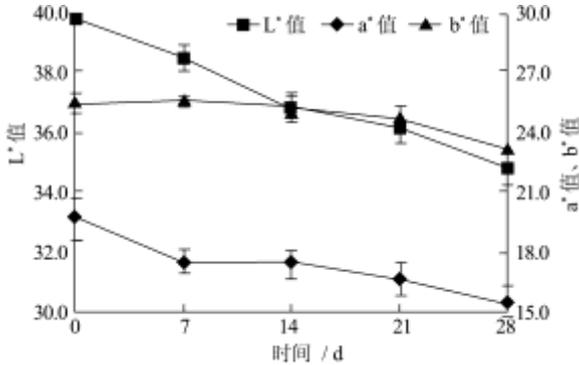


图 5 荔枝气调贮藏中色差  $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$  值变化曲线

Fig.5 Variation curve of color difference in terms of  $L^*$ ,  $a^*$ , and  $b^*$  values in CA storage

由图 5 可以看出, 随着贮藏时间的延长, 荔枝色差  $L^*$  值、 $a^*$  值和  $b^*$  值均逐渐减小,  $L^*$  值下降幅度较大,  $a^*$  值和  $b^*$  值下降幅度较小。  $L^*$  值在前 14 d 下降较快, 14 d 后下降变慢;  $a^*$  值在前 7 d 下降较快, 7 d 后下降变慢;  $b^*$  值在第 7 d 增加至 25.65, 7 d 后由慢到快逐渐下降。  $L^*$  值、 $a^*$  值、 $b^*$  值  $y$  与气调贮藏时间  $x$  的回归方程分别为  $y=39.734-0.178x$  ( $R^2=0.984$ )、 $y=19.138-0.133x$  ( $R^2=0.918$ )、 $y=25.472+0.065x-0.005x^2$  ( $R^2=0.990$ )。

## 2.2 荔枝气调贮藏时间对货架期品质的影响

### 2.2.1 质量损失率

荔枝气调贮藏 0 d (L1)、7 d (L2)、14 d (L3)、21 d (L4)、28 d (L5) 后在常温和低温条件下货架期质量损失率变化曲线如图 6 所示。

由图 6a 可以看出, L2、L3 的质量损失率上升速度相对较快, L2 货架期 30 h 后质量损失率达 9.92%。L1、L5 的质量损失率上升速度相对较慢。

由图 6b 可以看出, L4 的质量损失率上升速度最慢, L5 的质量损失率上升速度最快, L5 货架期 30 h 后质量损失率达 4.60%。L1 的质量损失率上升速度呈先快后慢的变化规律, 而 L3 的质量损失率上升速度呈先慢后快的变化规律。

对比常温和低温条件下质量损失率变化发现, 低温能够较好抑制质量损失率上升, 但 18 h 以后上升速度有所增加。货架期内, 低温条件下荔枝的质量损失率显著低于常温条件下荔枝的质量损失率 ( $p<0.05$ )。

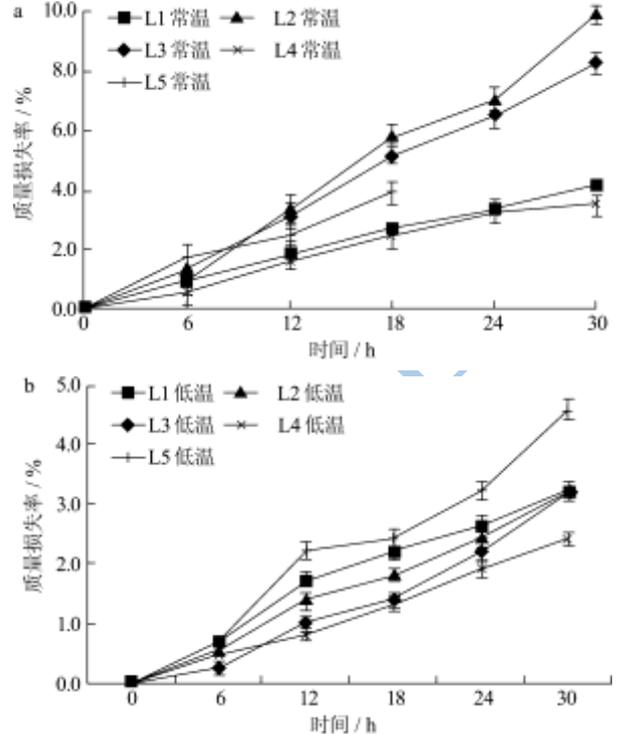


图 6 货架期质量损失率变化曲线

Fig.6 Variation curve of mass loss rate in shelf life

注: a-常温条件下货架期质量损失率变化曲线, b-低温条件下货架期质量损失率变化曲线。

### 2.2.2 好果率

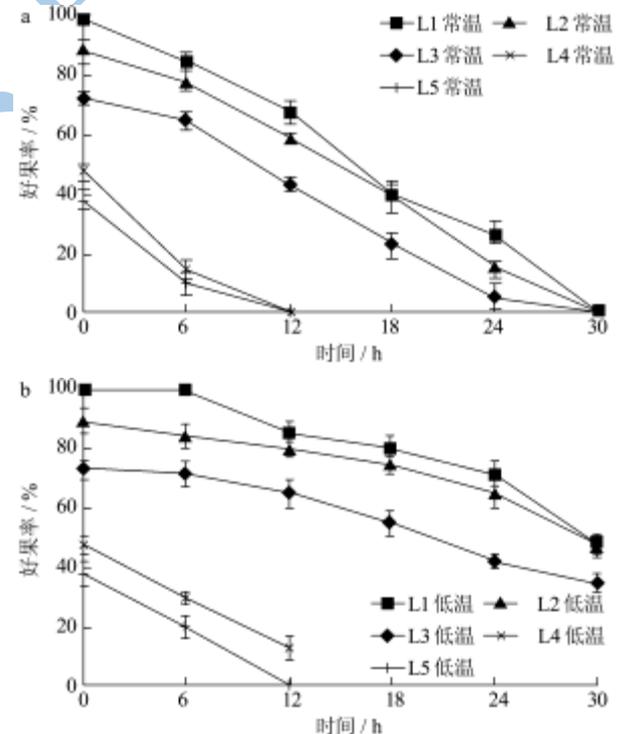


图 7 货架期好果率变化曲线

Fig.7 Variation curve of good fruit rate in shelf life

注: a-常温条件下货架期好果率变化曲线, b-低温条件下货架期好果率变化曲线。

荔枝气调贮藏 0 d (L1)、7 d (L2)、14 d (L3)、21 d (L4)、28 d (L5) 后在常温和低温条件下货架期好果率变化曲线如图 7 所示。

由图 7a 可以看出, L1、L2、L3 货架期 6 h~18 h 期间好果率下降速度较快, 30 h 后好果率降为 0, L4、L5 货架期前 6 h 好果率下降速度较快, 12 h 后降为 0。

由图 7b 可以看出, L1、L2、L3 货架期前 18 h 好果率下降速度较慢, 18 h 后下降速度增加。L4、L5 的好果率下降速度明显高于 L1、L2、L3。

对比常温和低温条件下好果率变化发现, 低温条件下荔枝的好果率显著高于常温条件下荔枝的好果率 ( $p < 0.05$ )。

### 2.2.3 褐变指数

荔枝气调贮藏 0 d (L1)、7 d (L2)、14 d (L3)、21 d (L4)、28 d (L5) 后在常温和低温条件下货架期褐变指数变化曲线如图 8 所示。

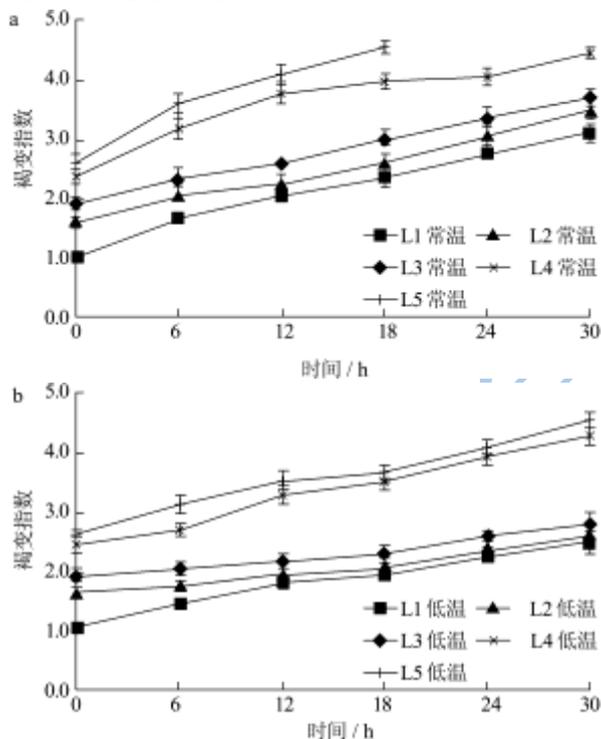


图 8 货架期褐变指数变化曲线

Fig.8 Variation curve of browning index in shelf life

注: a-常温条件下货架期褐变指数变化曲线, b-低温条件下货架期褐变指数变化曲线。

由图 8a 可以看出, L2、L3 的褐变指数上升速度差别不大, L1 货架期前 12 h 褐变速度较快, 12 h 以后褐变速度和 L2、L3 的差别不大。L4、L5 货架期前 6 h 褐变指数上升速度较快, 6 h 后上升速度减小。

由图 8b 可以看出, L1、L2、L3 的褐变指数变化规律同常温条件下相似, 但是上升速度低于常温条件。L4、L5 货架期 18 h 后褐变指数上升速度增加, 可能

由于冰融化后温度上升所致。

对比常温和低温条件下褐变指数变化发现, 常温条件下和低温条件下荔枝的褐变指数无显著差异 ( $p < 0.05$ ), 但低温可以一定程度上抑制褐变速度, 尤其在货架期 18 h 之前, 低温条件下货架褐变速度低于常温条件。

### 2.2.4 可溶性固形物 (TSS)

荔枝气调贮藏 0 d (L1)、7 d (L2)、14 d (L3)、21 d (L4)、28 d (L5) 后在常温和低温条件下货架期 TSS 含量变化曲线如图 9 所示。

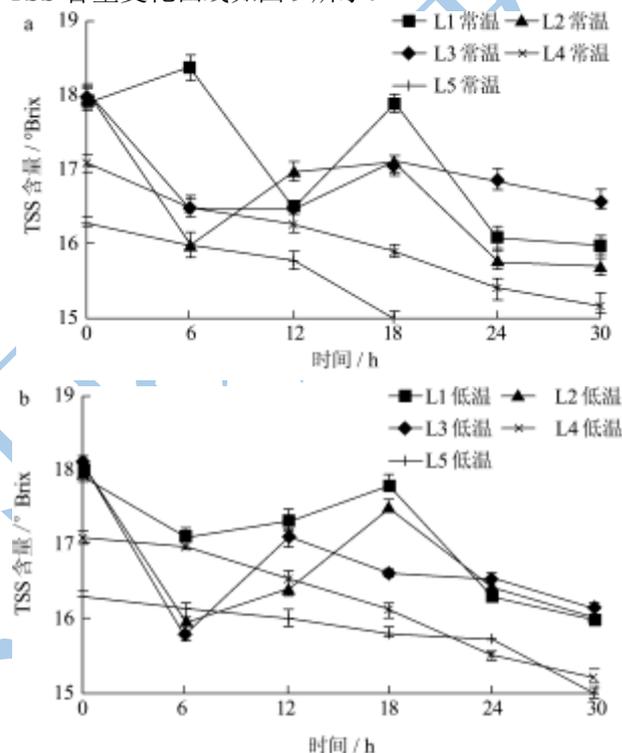


图 9 货架期 TSS 含量变化曲线

Fig.9 Variation curve of TSS content in shelf life

注: a-常温条件下货架期 TSS 含量变化曲线, b-低温条件下货架期 TSS 含量变化曲线。

由图 9a 可以看出, L1、L2 和 L3 的 TSS 含量均呈先下降后上升再下降的规律。L4、L5 的 TSS 含量随着货架期的延长逐渐下降, 12 h 后下降速度增加。

由图 9b 可以看出, L1、L2、L3 的 TSS 含量变化规律同常温条件下相似。L4、L5 的 TSS 含量随着货架期的延长逐渐下降, 18 h 后下降速度增加。

对比常温和低温条件下 TSS 含量变化发现, 常温和低温条件下荔枝 TSS 含量无显著差异 ( $p < 0.05$ ), 但 L4、L5 低温条件下 TSS 含量下降速度低于常温条件。

### 2.2.5 可滴定酸 (TA)

荔枝气调贮藏 0 d (L1)、7 d (L2)、14 d (L3)、21 d (L4)、28 d (L5) 后在常温和低温条件下货架期

TA 含量变化曲线如图 10 所示。

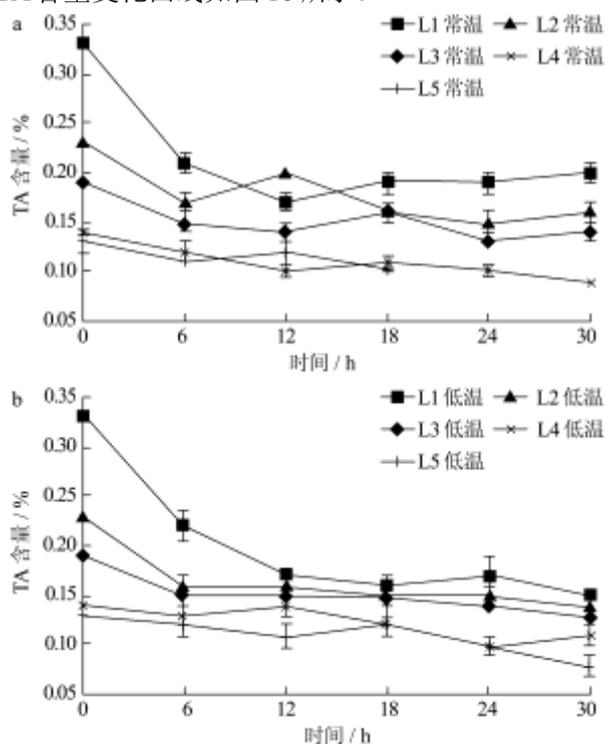


图 10 货架期 TA 含量变化曲线

Fig.10 Variation curve of TA content in shelf life

注：a-常温条件下货架期 TA 含量变化曲线，b-低温条件下货架期 TA 含量变化曲线。

由图 10a 可以看出，L1、L2、L3 货架期前 6h 荔枝 TA 含量下降速度较快，货架期 6h 后变化幅度较小，L4、L5 货架期内 TA 含量下降速度较慢。

由图 10b 可以看出，L1、L2、L3、L4、L5 的 TA 含量变化规律同常温条件下相似。

对比常温和低温条件下 TA 含量变化发现，常温条件下 L1、L2 的 TA 含量略高于低温条件，而 L3、L4、L5 的 TA 含量略低于低温条件。常温和低温条件下荔枝的 TA 含量无显著差异 ( $p < 0.05$ )。

### 2.2.6 色差

货架期常温和低温条件下，随着货架期的延长  $L^*$  值、 $a^*$  值和  $b^*$  值均逐渐下降， $L^*$  值、 $b^*$  值下降幅度较小，而  $a^*$  值下降幅度较大。荔枝气调贮藏 0 d (L1)、7 d (L2)、14 d (L3)、21 d (L4)、28 d (L5) 后在常温 and 低温条件下货架期色差  $a^*$  值变化曲线如图 11 所示。

由图 11a 可以看出，L1、L2、L3、L4、L5 货架期前 12h 色差  $a^*$  值下降较快，12h 后 L1、L2 的下降速度减小，而 L5 的下降速度增加。

由图 11b 可以看出，L1、L2、L3、L4、L5 货架期前 12h  $a^*$  值可以维持较高水平，12h 后 L1 下降速度减小，而 L2、L3、L4、L5 的下降速度增加。

对比常温和低温条件下色差  $a^*$  值变化发现，低温条件下色差  $a^*$  值显著高于常温条件下色差  $a^*$  值 ( $p < 0.05$ )。

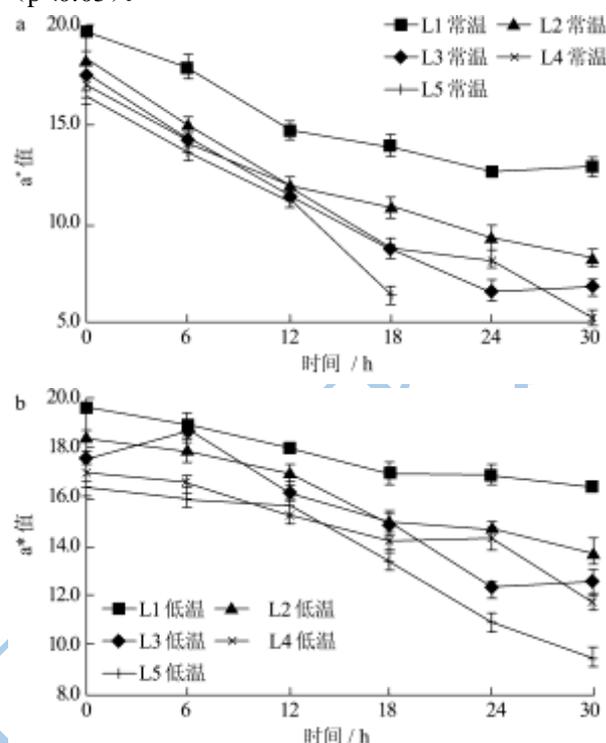


图 11 货架期  $a^*$  值变化曲线

Fig.11 Variation curve of  $a^*$  in shelf life

注：a-常温条件下货架期  $a^*$  值变化曲线，b-低温条件下货架期  $a^*$  值变化曲线。

## 3 结论

3.1 随着气调贮藏时间的延长，荔枝品质逐渐下降。可滴定酸 (TA) 含量、色差  $L^*$ 、 $a^*$  值下降速度和质量损失率、褐变指数上升速度在气调贮藏前 7 d 较快，而好果率、TSS 含量、色差  $b^*$  值在气调贮藏 14 d 后下降速度较快。

3.2 随着气调贮藏时间的延长，常温条件和低温条件下对应货架期各指标总体呈以下规律：好果率、褐变指数、TSS 含量、色差  $a^*$  值下降速度增加，TA 含量下降速度减小，而质量损失率无明显变化规律。

3.3 货架期低温条件下荔枝品质下降速度小于常温条件，低温条件对质量损失率、好果率以及色差  $a^*$  值的影响显著，对褐变指数、TSS 含量、TA 含量的影响不显著。在荔枝冷藏销售货架尚未普遍的情况下，泡沫箱加冰销售在一定程度上可以抑制荔枝货架期品质的下降。

3.4 此外，荔枝在气调贮藏期间的品质还受贮藏过程中通风量的影响，在货架期内的品质还受包装袋开孔率和泡沫箱加冰量的影响。本课题组正在对以上 3 个

因素进行研究,以优化通风量、开孔率和加冰量参数。

### 参考文献

- [1] 陈蔚辉,张福平,林建新,等.常温条件下微气调袋包装对荔枝品质与某些生理指标的影响[J].果树学报,2004,21(1): 85-87  
Chen W H, Zhang F P, Lin J X, et al. Effects of Bagging with Micro-adjustment of Air Composition on the Quality and Some Physical Indices of Litchi Fruit under Ambient Temperature[J]. Journal of Fruit Science, 2004, 21(1): 85-87
- [2] 李勇祁,张青,徐世琼.荔枝的气调贮藏和充气包装贮藏的研究[J].制冷,2000,19(1):7-11  
Li Y Q, Zhang Q, Xu S Q. Study on the Conservation of Litchi Under the Condition of CA and the Conservation of Modified Atmosphere Packaged Litchi by Experiment [J]. Refrigeration, 2000, 19(1): 7-11
- [3] 段华伟,王志伟,胡长鹰,等.气调环境和温度对荔枝呼吸特性的影响[J].食品与生物技术学报,2010,29(5):676-679  
Duan H W, Wang Z W, Hu C Y. Effect of Temperature and Modified Atmosphere on Respiration Properties of Litchi Fruit [J]. Journal of Food Science and Biotechnology, 2010, 29(5): 676-679
- [4] 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]. Lebensmittel-Wissenschaft and Technologie, 1999, 32 (5): 278-283
- [5] Mahajan P V, Goswami T K. Extended Storage Life of Litchi Fruit Using Controlled Atmosphere and Low Temperature [J]. Journal of Food Processing and Preservation, 2004, 28(5): 388-403
- [6] 李兴友,付祥钊,范亚明.荔枝气调保鲜试验研究[J].重庆建筑大学学报,2006,28(3):85-88  
Li X Y, Fu X Z, Fan Y M. Experiment Research on Modified-Atmosphere Storage of Post-harvest Lychee [J]. Journal of Chongqing Jianzhu University, 2006, 28(3): 85-88
- [7] Mangaraja S, Goswami T K, Giri S K, et al. Permsselective MA Packaging of Litchi (cv. Shahi) for Preserving Quality and Extension of Shelf-life [J]. Postharvest Biology and Technology, 2012, 71: 1-12
- [8] Reuck K D, Sivakumar D, Korsten L. Effect of Passive and Active Modified Atmosphere Packaging on Quality Retention of Two Cultivars of Litchi(Litchi Chinensis Sonn) [J]. Journal of food quality, 2010, 33(s1): 337-351
- [9] 许锦锋,陆华忠,吕恩利,等.液氮充注气调保鲜运输平台的设计[J].安徽农业科学,2012,40(4):2318-2320  
Xu J F, Lu H Z, Lv E L, et al. Design of an Experimental Platform with Controlled Atmosphere by Liquid Nitrogen Injection for Food Transportation [J]. Journal of Anhui Agricultural Science, 2012, 40(4): 2318-2320
- [10] Lv E L, Lu H Z, Yang Z, et al. Design on the key parts of fruits and vegetables transportation with controlled atmosphere by liquid nitrogen [C]. American Society of Agricultural and Biological Engineers Annual International Meeting. Piscataway: ASABE Press, 2011. 2205-2211
- [11] Lin H T, Chen S J, Xi Y F. Commercial post-harvest handling and storage technology of litchi fruit [J]. Transactions of the CSAE, 2003, 19(5): 126-134
- [12] 宋光泉,柳建良,梁世强.荔枝果皮褐变与失重关系的研究[J].仲恺农业技术学院报,2002,15(3):1-7  
Song G Q, Liu J L, Liang S Q. Study on the Relation Between Browning and Weight-loss of Litchi Pericarp [J]. Journal of Zhongkai Agrotechnical College, 2002, 15(3): 1-7
- [13] Zhang Z Q, Pang X Q, Ji Z L, et al. Role of Anthocyanin Degradation in Litchi-pericarp Browning [J]. Food Chemistry, 2001, 75(2): 217-221
- [14] 陈洪国,王育林,彭永宏.冷藏荔枝货架期品质与生理变化[J].亚热带植物科学,2001,30(3):11-15  
Chen H G, Wang Y L, Peng Y H. Shelf-quality and physiological indices of litchi subjected to cool storage [J]. Subtropical Plant Science, 2001, 30(3): 11-15