

几种保鲜模式对荔枝贮藏效果对比

郭嘉明, 吕恩利, 陆华忠, 李亚慧, 曾志雄

(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: 为研究保鲜模式对荔枝果实贮藏品质变化的影响, 在模式可控的保鲜厢体上, 以“桂味”荔枝果实作为试验材料, 分别在气调、控温控湿和仅控温 3 种保鲜模式下, 开展荔枝果实贮藏试验, 比较不同保鲜模式对荔枝果实贮藏效果的影响。试验结果表明, 贮藏 20 d 后, 气调模式荔枝的好果率接近 1.00, 控温控湿模式好果率为 0.81, 仅控温模式荔枝好果率为 0.59; 在贮藏期前 5 d, 不同保鲜模式下的荔枝果实品质差异不显著; 仅控温模式荔枝在贮藏过程中果皮水分百分含量迅速下降至 0.57, 果实失重率迅速增长至 11.52%; 气调和控温控湿模式下, 荔枝果实失重率分别上升至 2.91% 和 2.05%, 果皮水分百分含量分别从 0.73 降至 0.69 和 0.71; 不同保鲜模式对荔枝果肉 TSS 和 TA 含量变化影响不显著; 第 20 d 货架期试验表明, 气调模式能够延缓荔枝果实货架期失重率的变化。研究结果为荔枝果实贮运方式选择提供一定的参考。

关键词: 荔枝; 保鲜; 气调; 温度; 品质

文章编号: 1673-9078(2015)2-164-172

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2015.2.028

Effects of Various Fresh-keeping Techniques on the Quality of *Litchi chinensis* Sonn. during Storage

GUO Jia-ming, LV En-li, LU Hua-zhong, LI Ya-hui, ZENG Zhi-xiong

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

Abstract: To investigate the effects of various methods for maintaining freshness of *Litchi chinensis* Sonn. (lychee) fruit during storage, experiments were conducted on the ‘Gui Wei’ (lychee) fruit under various storage conditions, including controlled atmosphere, controlled temperature and humidity, and controlled temperature storage environment, and the effects were comparatively analyzed. The results indicated that the marketable fruit yields after a 20-day storage period using controlled atmosphere, controlled temperature and humidity, and controlled temperature were 1.00, 0.81, and 0.59, respectively. During the first 5 d of the storage period, there was no significant difference in the quality of lychee fruits among the different fresh-keeping methods employed. In the controlled temperature mode, the moisture content of the lychee pericarp rapidly decreased to 57%, and the fruit weight-loss rate quickly increased to 11.52% during storage. In controlled atmosphere and controlled temperature and humidity modes, the moisture content of the lychee pericarp decreased from 73% to 69% and 71%, respectively, while the weight loss rate increased to 2.91% and 2.05%, respectively. There was no significant difference in changes in the total soluble solids (TSS) and titratable acidity (TA) contents in lychee fruit with regard to the fresh-keeping method used. The shelf-life test conducted after 20 d demonstrated that the controlled atmosphere could decrease the lychee weight loss rate during the shelf life. These results provide a reference for the selection of storage and transportation methods for lychee fruit.

Key words: *Litchi chinensis* Sonn.; fresh-keeping; controlled atmosphere; temperature; quality

荔枝 (*Litchi chinensis* Sonn.) 是特色的亚热带水

收稿日期: 2014-06-27

基金项目: 现代农业产业技术体系建设专项资金 (CARS-33-13); 广东省自然科学基金资助项目 (S2012010010388); 广州市科技计划项目资助 (2014J2200070); 广东省科技计划项目 (2012B020313007)

作者简介: 郭嘉明 (1987-), 男, 博士, 主要从事果蔬冷链物流技术与装备研究

通讯作者: 陆华忠 (1963-), 男, 教授, 博士生导师, 博士, 主要从事农业工程研究

果, 我国产量居世界第一。荔枝收获期集中于高温高湿的夏季, 采后易褐变腐烂, 不耐贮藏, 贮藏环境中的温度、相对湿度和气体成分等对贮藏期和品质有较大影响。荔枝品质变化表现在果皮和果肉品质上, 果皮指标包括褐变指数、水分百分含量、失水率、色差值、pH 等, 而果肉指标包括可溶性固形物、可滴定酸、Vc 含量等。荔枝果皮褐变会影响外观, 严重降低其商品价值。Kader^[1]指出, 荔枝果实采后不进行任何处理, 常温下经 24 h 就会产生明显褐变。不同保鲜模式对荔

枝果实贮藏品质影响较大,合理的保鲜模式对于保障荔枝果实贮藏品质、降低物流成本具有重要意义。梁汉华^[2]、吴振先^[3]等对荔枝果实常温贮藏进行了研究。许晓春等选择几个品种的荔枝果实分别在冷藏和常温下贮藏,并研究其贮藏期间内的生理变化,发现低温有效地抑制了荔枝多酚氧化酶(PPO)和过氧化酶(POD)活性,呼吸强度和乙烯释放均受到了抑制^[4]。胡位荣等研究了1-甲基环丙烯对荔枝0℃贮藏过程中冷害发生和相关生理生化指标的影响^[5]。在气调保鲜方面,De Reuck等^[6]研究了荔枝果实在温度为2℃,相对湿度为95%,O₂浓度为5%,CO₂浓度为5%贮藏环境中的品质变化。杨松夏^[7]等采用保鲜试验平台对“淮枝”荔枝果实进行贮藏,研究荔枝果实在气调贮藏过程中的品质变化。李兴友等研究了小型自发气调箱对荔枝果实贮藏保鲜效果的影响,并与纯冷藏效果进行比较^[8]。Mahajan等采用气调、低温高湿环境对荔枝果实进行贮藏,并与常温常湿贮藏进行对比,发现气调贮藏可以显著减缓荔枝果实保鲜品质的变化^[9],但未与纯冷藏贮藏效果进行比较。气调、控温控湿和仅控温是3种主要的保鲜模式。在已知文献中,尚未发现3种主要保鲜模式对荔枝果实保鲜品质和货架期品质影响的相关文献。因此,有必要掌握3种保鲜模式对荔枝果实贮藏品质变化的影响,根据不同的贮藏时间,选择合适的保鲜模式,保障荔枝果实保鲜品质且降低物流成本。

本文在保鲜模式可选的试验平台上,分别将“桂味”荔枝果实置于气调、控温控湿以及仅控温3种保鲜模式下进行贮藏,每隔5d对试验样品进行检测,并在20d后进行货架期试验。研究结果为荔枝果实贮藏方式的选择提供了参考。

1 试验装置及材料

1.1 试验装置

自制保鲜模式可选保鲜箱体如图1所示。箱体基于压差原理设计,总尺寸(长×宽×高)为1.90m×1.10m×1.50m,箱体材料为不锈钢+聚乙烯保温材料。穿孔隔板将箱体分为压力室和保鲜室2部分。压力室自上而下分别是风机、制冷机组的蒸发器、汽化盘管和超声波加湿装置。通过往箱体内充注液氮实现调节箱体内的氧气浓度。采用超声波加湿装置对箱体内的相对湿度进行调节。通过变频器改变风机频率,以获得不同的通风风速。所选风机型号ZNF295-G 24V直流风机,额定功率为0.2kW。监控用的温度传感器(量程:-20~80℃,精度:±0.5℃)、氧气传感器(量程:

0~30%,精度:±3%)和相对湿度传感器(量程:0~100%RH,精度:±3%RH),布置在箱体中部。采用PLC对整个贮藏过程中的参数进行控制。为消除不同批次荔枝对试验结果的影响,本次试验采用3台模式可选保鲜箱体,分别进行气调、控温控湿和仅控温3种保鲜模式对荔枝果实贮藏品质影响的对比试验。

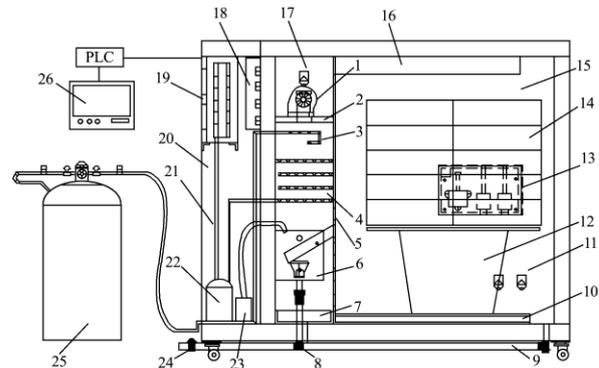


图1 保鲜模式可选试验平台结构示意图

Fig.1 Schematic diagram of experimental platform with controlled atmosphere

注:1.风机,2.风机安装板,3.汽化盘管,4.蒸发器,5.穿孔隔板,6.加湿器,7.积水槽,8.三通接头,9.排水管,10.气流导轨,11.排气阀,12.振动平台,13.传感器盒,14.荔枝筐,15.保鲜室,16.回风道,17.进气阀,18.继电器盒,19.冷凝器,20.压力室,21.制冷管路,22.压缩机,23.补水箱,24.排水阀,25.液氮罐,26.数据记录仪。

货架销售试验采用敞开式陈列柜,如图2所示,由广翔电器有限公司生产。

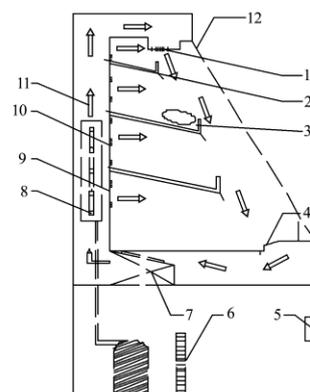


图2 敞开式陈列柜总体结构示意图

Fig.2 Schematic diagram of open display cabinet structure

注:1.冷风幕出口,2.搁架,3.荔枝样品,4.回风格栅,5.控制器,6.制冷机组,7.风机,8.蒸发器盘管,9.侧壁,10.出风口,11.风道,12.节能帘。

1.2 试验材料

试验材料为“桂味”荔枝果实,共200kg,9成熟,采自广州从化。于早上9点采摘,并于3小时内

运回华南农业大学。摘除枝叶,选择大小均匀的果实,采用冰水预冷 15 min,后进行浸泡消毒溶液 2 min 杀菌处理。

2 试验方法

将处理后的荔枝果实采用开孔率为 5% 的聚乙烯袋进行包装,每一袋约装 500 g,约有 26~30 颗。将包装好的荔枝放置在试验平台厢体内,如图 1 所示,分别是 L1(气调)厢体, L2(控温控湿)厢体,以及 L3(仅控温)厢体。L1 厢体调节参数:温度 3~5 °C,相对湿度 90~95%,氧气浓度 3~6%; L2 厢体调节参数:温度 3~5 °C,相对湿度 90~95%; L3 厢体调节参数:温度 3~5 °C。每个处理约有荔枝 50 kg,其中用于货架期试验荔枝约 10kg,设 3 次重复。每 5 d 从对应厢体中取出样品进行检测,并在第 20 d 后进行货架期试验。货架货物区平均温度范围为 8~11 °C,相对湿度为 74~85%,每 6 h 检测指标一次。每个处理设 3 次重复。具体控制参数如表 1 所示。

表 1 试验各处理环境参数设置

Table 1 Parameter settings for each fresh-keeping environment

试验处理号	温度 /°C	相对湿度 /%RH	氧气浓度 /%
L1	3~5	90~95	3~6
L2	3~5	90~95	-
L3	3~5	-	-
货架期	8~11	-	-

2.1 褐变指数和好果率

褐变指数采用感官评定法^[10-11],从每一袋样品取出 20 个荔枝果实进行分级,设 3 次重复。根据果实褐变程度分为 1~5 级。1 级:果皮鲜红,或龟裂片尖端有零星褐点,外观好;2 级:变褐总面积小于果面的 1/3,外观一般;3 级:变褐总面积为果面的 1/3~1/2,外观较差,可食用,商品价值差;4 级:变褐面积大于果面的 1/2,局部有红色,外观差;5 级:果面全褐或果汁外渗(流水),无红色或呈暗红色。具体如式(1)所示:

$$\text{褐变指数} = (\text{褐变级数} \times \text{该级果数}) \text{累加} / \text{总果数} \quad (1)$$

$$\text{好果率} = 1 \sim 2 \text{级果总数量} / \text{分级果总数量} \quad (2)$$

2.2 失重率

采用电子天秤对每一袋样品进行称重,失重率计算如式(3)所示,设 3 次重复。

$$\text{失重率} = (\text{入库时质量} - \text{入库后质量}) / \text{入库时质量} \times 100\% \quad (3)$$

2.3 色差

采用日本美能达 CR-400 型全自动色差仪对所有试验组的荔枝果实果皮进行色差测定,每次取 10 颗荔枝果实,每个荔枝果实果皮测 2 次色差(在赤道面两侧各测 1 次),平行测定 3 次。结果以 L*、a*、b* 值表示,其中 L* 值越大则果皮越亮,反之越暗。a* 值越大则果皮越红,反之越绿。b* 值越大则果皮越黄,反之越蓝。

2.4 果皮 pH 值^[12]

从袋中取出 10 个果实,剥皮,用打孔器取果皮 5 g,加入 20 mL 蒸馏水,于组织捣碎机上匀浆 1 min,静置 20 min 后,采用 pHS-3C+ 型酸度计测定匀浆液中的 pH 值。平行测定 3 次。

2.5 果皮花色素苷含量

参照张昭其等^[13]的方法,用 pH 差示法测定果皮花色素苷含量。采用紫外 7230G 型可见分光光度计在 510nm 处测定光密度值(A),平行测定 3 次。

$$\text{果皮花色素苷含量}(\text{mg/g FW}) = \Delta A \times 5 \times 0.1 \times 1000 \times 445.2 / (29600 \times 5) \quad (4)$$

注: $\Delta A = A(\text{pH}_{1.0}) - A(\text{pH}_{5.0})$; 5-为稀释倍数; 0.1-为浸提液体积(L); 445.2-为矢车菊素-3-葡萄糖苷的相对分子质量; 29600-为矢车菊素-3-葡萄糖苷的摩尔比吸收系数(/mol /cm); 5-为果皮鲜重/g。

2.6 果皮水分百分含量^[14]

在每一袋样品中取 10 个荔枝果实,剥取果皮,用滤纸吸干果皮内外表面的水分,用直径 5 mm 的打孔器打出 5 g 果皮,用电子称称出质量。再把果皮放置烘干箱烘干(80 °C,烘至恒重),平行测定 3 次,取平均值。

$$\text{果皮水分百分含量} = (\text{鲜重} - \text{烘干后质量}) / \text{鲜重} \times 100\% \quad (5)$$

2.7 果皮电导率

参照高经成等^[15]的方法,在每一袋样品中取 10 个荔枝果实,剥取果皮,用打孔器取果皮若干,称取 2 g,加 30 mL 去离子水。静置 30 min,测 1 次电导率;在沸水中煮 15 min,快速降温后,用电导仪测定电导率。平行测定 3 次。采用上海仪电科学仪器股份有限公司的 DDS-307A 型电导率仪进行测定。

2.8 可溶性固形物(TSS)和可滴定酸(TA)

2.8.1 可溶性固形物(TSS)^[16]

从每一袋样品中随机选取 3~5 个荔枝果实。将荔枝剥皮去核后挤压取汁并摇匀。吸取 1~2 滴果汁滴到折射计镜面上, 读取并记录数据, 重复 3 次。采用乐清市艾德堡仪器有限公司 PR-32 α 型数字式折射计进行测定, 量程为 0~32 °Brix, 最小刻度为 0.1 °Brix。

2.8.2 可滴定酸 (TA) [17]

用移液管取 5 mL 荔枝汁样液滴至烧瓶。在样液中滴 4~5 滴酚酞试剂。取一定量的 NaOH 溶液至滴定管中并滴至样液中, 边滴边晃动锥形瓶, 直到样液开始变红停止 (30 s 不褪色)。读取并记录所消耗 NaOH 标准溶液的体积。重复以上步骤 3 次, 读取并记录数据。可滴定酸按公式 (6) 计算:

$$TA(g/100mL) = \frac{M \times V \times 0.067}{V_1} \times 100 \quad (6)$$

注: M-NaOH 标准溶液浓度, mol/L; V-滴定消耗 NaOH 标准溶液体积, mL; V₁-用于滴定的果汁量, mL。

2.9 统计分析

试验数据采用 Excel 和 SPSS 软件“one-way ANOVA”进行差异显著性分析。P<0.05 表示差异显著, P<0.01 表示差异极显著。

3 试验平台环境监控情况

从图 3~5 可以看出在贮藏期内 3 个厢体内的温度都比较稳定, 在 2~5 °C 之间; L1、L2 厢体相对湿度基本维持在 85~95%RH; 而 L3 厢体由于没有进行湿度调节, 其相对湿度呈下降趋势, 最低甚至降到 30%。L1 厢体内氧气浓度基本维持在 2~6%。所有参数都在合理的误差范围内, 说明 3 个厢体在试验过程中工作状态良好。

4 结果与分析

4.1 褐变指数与好果率

从图 6 可以看出, 在贮藏前 5 d, 不同保鲜模式的荔枝果皮褐变指数间的差异不显著 (P>0.05), 褐变指数都接近 1.00, 即还没开始褐变或褐变不明显。而贮藏 5 d 后, L1 保鲜模式的荔枝果实果皮褐变指数明显低于 L2 和 L3, L1 果实的褐变指数为 1.13, 而 L2、L3 果实则分别为 1.55、1.53。其中 L3 果实褐变指数从 15d 开始迅速上升。经过 20 d 贮藏后, L2、L3 荔枝果实的果皮褐变指数也开始迅速飙升, 结合图 8 可知, L3 褐变指数快速增加可能是由于荔枝果实的失水引起的^[18], 而 L1、L2 褐变指数快速增加则是由于果实自身的衰老引起的。其中, 经过 20 d 贮藏后, L1

褐变指数为 1.18; L2 褐变指数为 1.67; L3 褐变指数为 2.28。

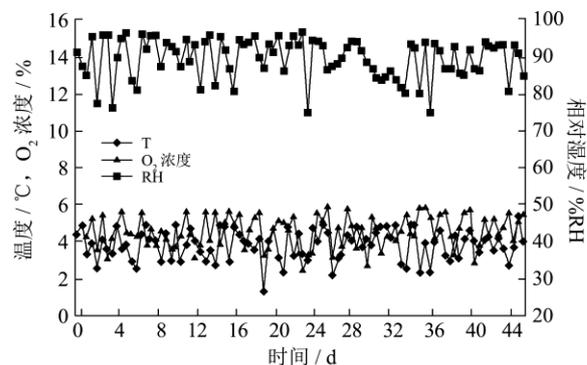


图 3 L1 厢体监测点温、湿度变化情况

Fig.3 Changes in temperature and relative humidity in the L1 compartment of lychee fruits stored for different days

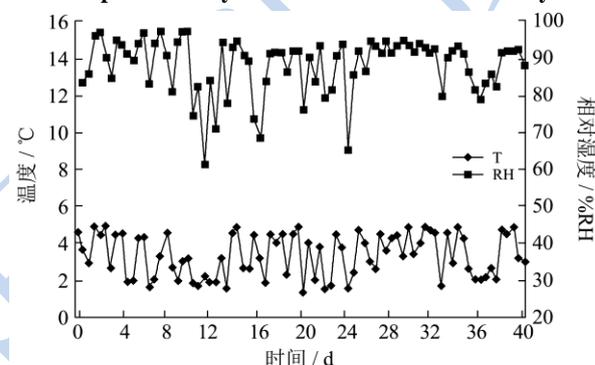


图 4 L2 厢体监测点温、湿度变化情况

Fig.4 Changes in temperature and relative humidity in the L2 compartment of lychee fruits stored for different days

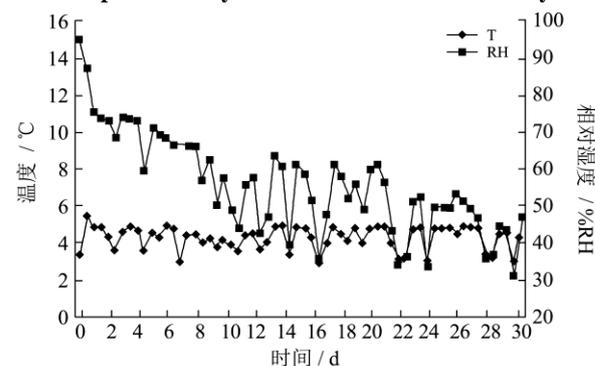


图 5 L3 厢体监测点温、湿度变化情况

Fig.5 Changes in temperature and relative humidity in the L3 compartment of lychee fruits stored for different days

荔枝好果率是在褐变指数的基础上得出的, 其变化趋势与褐变指数的变化趋势基本相反, 从图 7 看出, 贮藏期第 20d, L1、L2、L3 的好果率分别为 1.00、0.81、0.59。随后, L3 保鲜模式的荔枝果实好果率急剧下降, 并于贮藏 30 d 时好果率降至 0。L2 保鲜模式的荔枝果实贮藏 40 d 后, 好果率降至 0, 而 L1 保鲜模式的荔枝果实在贮藏 45 d 后, 其好果率仍大于 0, 为 0.07,

说明气调与控温控湿环境可以显著延长荔枝果实保鲜期 ($P < 0.05$)。

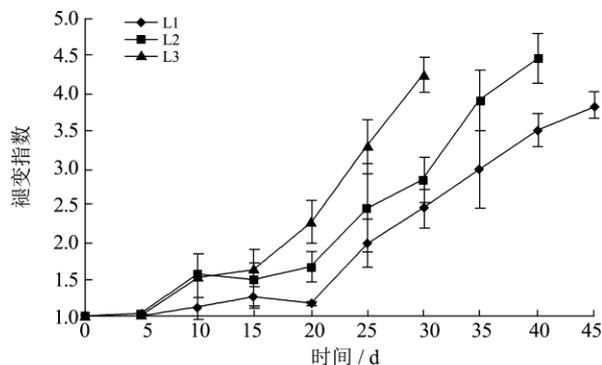


图 6 荔枝果皮褐变指数随贮藏时间的变化

Fig.6 Changes in the browning index of the pericarp of lychee fruits stored for different days

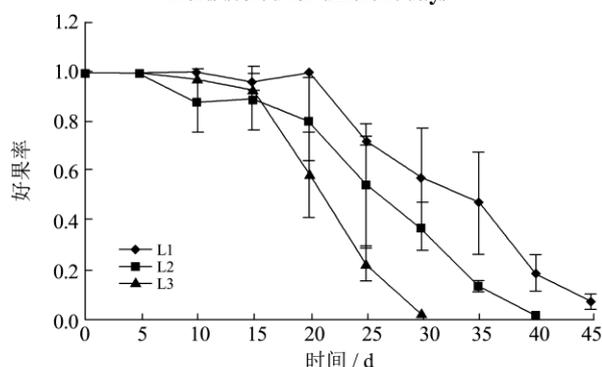


图 7 荔枝果实好果率随贮藏时间变化

Fig.7 Changes in marketable fruit yield of lychee fruits stored for different days

4.2 失重率

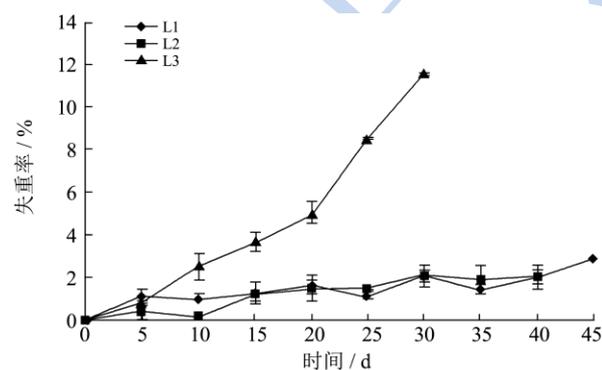


图 8 荔枝果实失重率随贮藏时间变化

Fig.8 Weight-loss rate of lychee fruits stored for different days

从图 8 可以看出不同保鲜模式的荔枝果实失重率随贮藏时间变化, L3 保鲜模式的荔枝果实贮藏过程中的失重率上升较快, 这是由于缺乏对相对湿度的调节, 荔枝果实水分蒸发较快, 导致失重率飙升。经过 30 d 的贮藏, 其失重率达到了 11.52%。而在其他两种保鲜模式下, 荔枝果实的失重率变化比较缓慢。贮藏

期结束时, L1 果实失重率为 2.91%, L2 果实失重率为 2.05%, 与 L3 果实失重率相比, 说明了保鲜环境相对湿度对荔枝果实失重率的影响较大。

4.3 色差

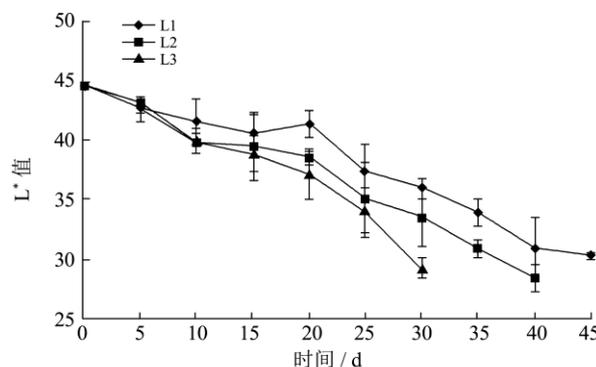


图 9 荔枝果皮色差 L* 值随贮藏时间变化

Fig.9 Changes in color L* value in the pericarp of lychee fruits stored for different days

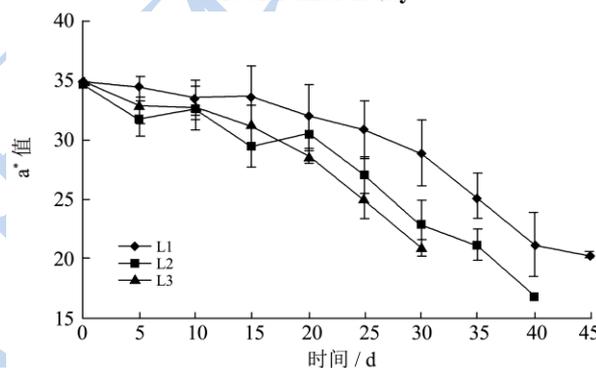


图 10 荔枝果皮色差 a* 值随贮藏时间变化

Fig.10 Changes in color a* value in the pericarp of lychee fruits stored for different days

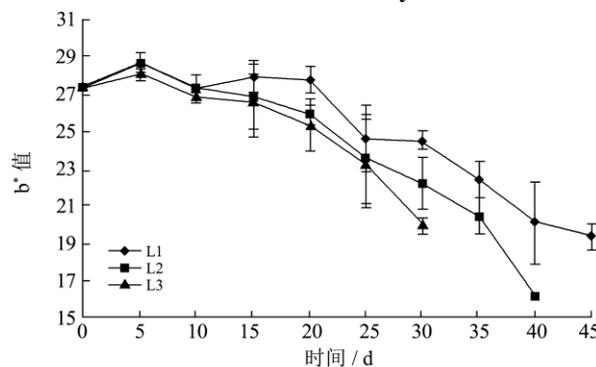


图 11 荔枝果皮色差 b* 值随贮藏时间变化

Fig.11 Changes in color b* value in the pericarp of lychee fruits stored for different days

图 9~11 是不同保鲜模式的荔枝果实果皮色差 L^* 、 a^* 、 b^* 值随时间增长的变化情况。在贮藏的前 10 d, 不同保鲜模式的荔枝果实果皮间的色泽差异不明显 ($P > 0.05$)。而经过 10 d 贮藏后, L1 保鲜模式的荔枝

果实果皮的色差值均比 L2、L3 保鲜模式的荔枝大。结合图 6, 说明气调贮藏对荔枝果实果皮护色、保色有重要作用。在贮藏期前 25 d, L2 荔枝果实果皮与 L3 荔枝果实果皮的 L*、b* 值较接近, L* 值分别从 44.74 降至 35.09 和 34.18; b* 值分别从 27.42 降至 23.58 和 23.32。

4.4 果皮 pH 值

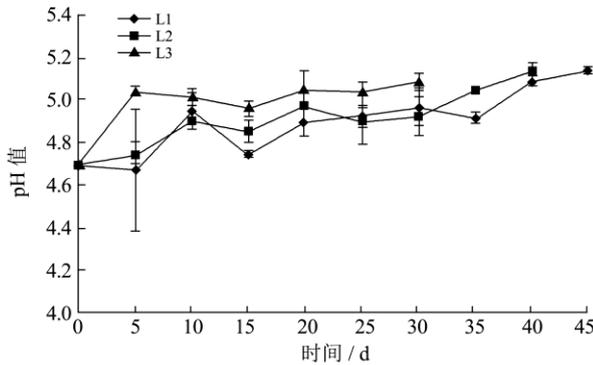


图 12 荔枝果皮 pH 值随贮藏时间变化

Fig.12 Changes in pH in the pericarp of lychee fruits stored for different days

从图 12 可以看出, 荔枝果实果皮 pH 值在贮藏过程中变化较缓慢, 变化范围为 4.6~5.2, 与文献^[21]所获得的荔枝果实在衰老过程中果皮 pH 值的变化情况相符。在贮藏过程中, L3 荔枝的果实果皮 pH 要显著大于 L1、L2 荔枝 ($P < 0.05$), 而 L1、L2 荔枝间差异不显著 ($P > 0.05$)。在贮藏期前 5 d, L3 处理荔枝果皮的 pH 快速升到了 5.0 以上, 后变化缓慢; 在贮藏后期, L1 和 L2 处理的荔枝果实果皮 pH 值分别达到了 5.13 和 5.18。果皮 pH 过高会促进花色素苷的降解, 不利于荔枝保持红色^[19]。

4.5 果皮水分百分含量

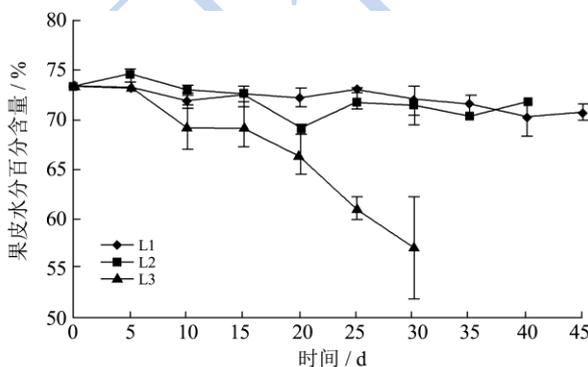


图 13 荔枝果皮水分百分含量随贮藏时间变化

Fig.13 Changes in moisture content (expressed as a percentage) in the pericarp of lychee fruits stored for different days

结合图 13、图 3~5 可以看出, 湿度调节对于荔枝

果实的果皮水分百分含量变化影响较大。在贮藏期前 5 d, 不同保鲜模式荔枝果皮的水分百分含量较接近。而经过 10 d 后, L3 荔枝果实果皮水分百分含量迅速下降。而在有湿度调节的情况下, L1、L2 荔枝果皮的水分百分含量变化缓慢, 果皮水分百分含量维持在 0.74~0.70 之间。而文献^[21]研究得出, 在温度为 25 ± 1 °C, 相对湿度为 $70 \pm 5\%$ 的环境下, 荔枝果皮水分百分含量 72 h 就下降了 28%, 说明了低温、湿度调节保鲜模式对果皮水分百分含量的维持有重要作用。这是因为在相对湿度较高的情况下, 空气含湿量较大, 果皮附近空气与果皮自由水之间的水势差较小, 减缓了果皮水分的蒸发速度^[20]。

4.6 果皮电导率

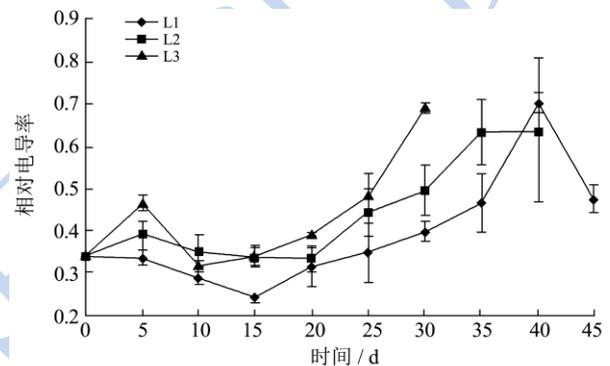


图 14 荔枝果皮相对电导率随贮藏时间变化

Fig.14 Changes in relative electrical conductivity in the pericarp of lychee fruits stored for different days

从图 14 可以看出荔枝果皮相对电导率随贮藏时间延长的变化规律。果皮电导率表征果皮细胞受破坏的程度, 细胞的相对电导率增加, 表明果皮的质膜透性增加, 细胞区室化逐渐被破坏^[21]。从图中可以看出, L1 保鲜模式的荔枝果实在贮藏过程中, 其果皮相对电导率显著小于 L2 和 L3 保鲜模式的荔枝果皮电导率 ($P < 0.05$)。在贮藏期第 30 d, L3 荔枝果实果皮相对电导率已经达到了 0.69。在贮藏前 15 d, L2 与 L3 保鲜模式的荔枝果实果皮电导率之间差异较小, 随后 L3 荔枝果实的果皮电导率上升速度大于 L2。

4.7 果皮花色素苷含量

从图 15 可以看出荔枝果皮花色素苷含量随贮藏时间延长的变化情况。果皮花色素苷含量的变化与其色差 a* 值的变化趋势基本一致, 证明了花色素苷是荔枝果实果皮呈现红色的重要组成部分^[22]。在贮藏前 15 d, 荔枝果皮的花色素苷含量变化较缓慢。而贮藏 15 d 之后, L1 保鲜模式的荔枝果实在贮藏过程中, 其果皮花色素苷含量显著 ($P < 0.05$) 大于 L2、L3 荔枝。L2、

L3 荔枝果皮花色苷含量下降速度较快。

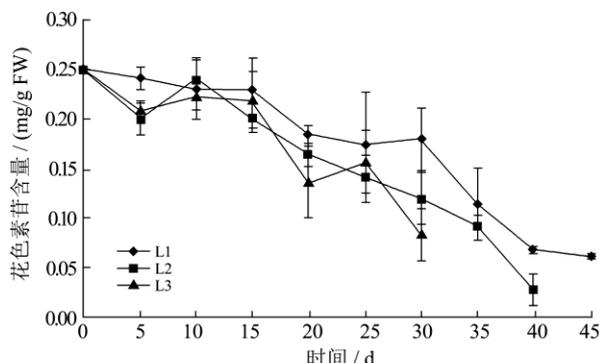


图 15 荔枝果皮花色苷含量随贮藏时间变化

Fig.15 Changes in the anthocyanin content of lychee fruit pericarp stored for different days

0.79、0.71 g/100 mL。

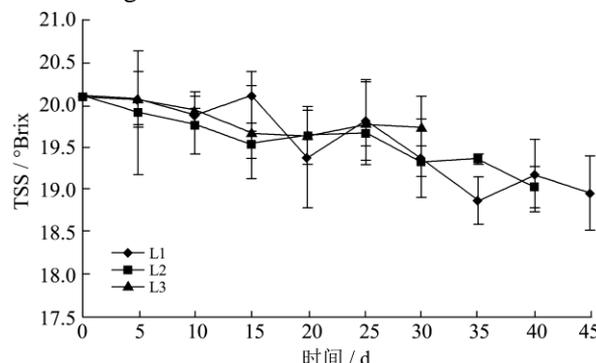


图 16 荔枝果肉 TSS 含量随贮藏时间变化

Fig.16 Changes in TSS content in the pulp of lychee fruits stored for different days

4.8 果肉可溶性固形物 (TSS) 和可滴定酸 (TA)

图 16 和图 17 分别呈现荔枝果肉 TSS 和 TA 含量随贮藏时间延长的变化情况。可以看出,荔枝果肉的 TSS 和 TA 含量随贮藏时间的延长均呈下降趋势,荔枝果肉的口感和味道随之而下降。而不同保鲜模式的荔枝果肉 TSS 和 TA 含量差异不显著 ($P>0.05$),说明不同保鲜模式对荔枝果肉品质变化的影响较小。在贮藏期第 30 d, L1、L2、L3 果实果肉的 TSS 含量,分别为 19.37、19.33、19.74 %Brix; 而 TA 含量分别为 0.80、

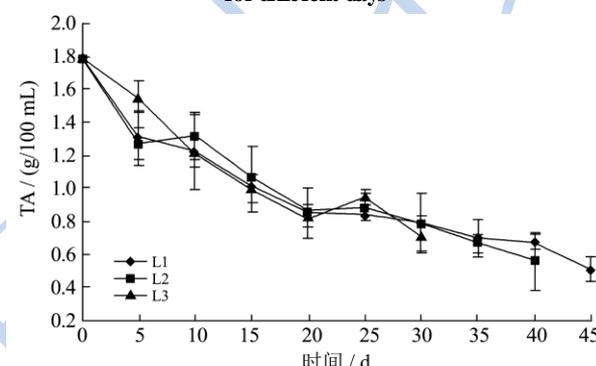


图 17 荔枝果肉 TA 含量随贮藏时间变化

Fig.17 Changes in TA content in the pulp of lychee fruits stored for different days

表 2 荔枝果实品质在货架期变化情况

Table 2 Changes in the quality of lychee fruits during shelf-life

时间/h	失重率/%			果皮褐变指数			果皮水分百分含量		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3
0	0±0.00 ^{eA}	0±0.00 ^{fA}	0±0.00 ^{eA}	1.18±0.03 ^{eC}	1.67±0.21 ^{dB}	2.28±0.30 ^{cA}	0.73±0.01 ^{aA}	0.73±0.01 ^{abA}	0.66±0.01 ^{abB}
6	0.33±0.06 ^{cA}	0.37±0.02 ^{eA}	0.07±0.02 ^{eB}	1.68±0.31 ^{dB}	1.87±0.21 ^{cdAB}	2.55±0.48 ^{cA}	0.73±0.01 ^{abA}	0.73±0.01 ^{aA}	0.70±0.02 ^{aA}
12	0.81±0.05 ^{dB}	1.02±0.05 ^{dA}	0.69±0.08 ^{dC}	2.08±0.33 ^{cA}	2.27±0.39 ^{cA}	2.95±0.56 ^{bcA}	0.72±0.01 ^{abA}	0.73±0.01 ^{abA}	0.68±0.02 ^{abB}
18	1.41±0.47 ^{cA}	1.29±0.13 ^{cA}	1.40±0.28 ^{cA}	2.70±0.00 ^{bB}	2.85±0.31 ^{bB}	3.48±0.38 ^{abA}	0.71±0.01 ^{bA}	0.72±0.01 ^{abA}	0.67±0.04 ^{abA}
24	1.90±0.45 ^{bB}	2.39±0.24 ^{bA}	2.22±0.09 ^{bB}	3.00±0.13 ^{abB}	3.40±0.18 ^{abB}	4.00±0.41 ^{acA}	0.70±0.02 ^{bA}	0.71±0.02 ^{abA}	0.68±0.04 ^{abA}
30	2.36±0.59 ^{aB}	3.00±0.16 ^{aA}	2.83±0.33 ^{aA}	3.28±0.16 ^{abB}	3.30±0.26 ^{abB}	3.90±0.29 ^{acA}	0.69±0.03 ^{bAB}	0.70±0.01 ^{bA}	0.62±0.07 ^{bB}

注: 不同小写字母代表同列数据之间差异显著 ($P<0.05$), 不同大写字母代表同行数据之间差异显著 ($P<0.05$)。

4.9 货架期品质变化

从表 2 中看出在货架期内, L1 荔枝果实失重率上升速度要比 L2、L3 小。L3 荔枝果实褐变指数显著比其他 2 种处理大 ($P<0.05$)。从 3 种不同保鲜模式荔枝果实在货架期的果实失重率和果皮褐变指数变化情况可以看出,荔枝果实在货架期内的果皮褐变指数增加速度先快后慢。这可能是由于荔枝果实从原来的环境移至另一个参数差异较大的环境,导致果皮品质变化

较快,后慢慢适应环境,品质变化也趋向稳定。减小销售环境与荔枝贮运环境的差异,有利于延长货架期。荔枝货架期内不同销售时刻果实的品质变化差异显著,说明货架期 30 h 内,荔枝的品质变化是显著的。经过 30 h 后, L1 荔枝果实的失重率、果皮褐变指数要比 L2、L3 小。在货架期内,3 种保鲜模式的荔枝果皮水分百分含量降低速度较稳定,说明保鲜模式对荔枝在销售货架期内的果皮水分百分含量变化影响不显著 ($P>0.05$)。

6 结论

6.1 不同保鲜模式对荔枝贮藏期内的品质变化影响较大,气调与控温控湿环境能够减缓荔枝果实品质在贮藏期内的变化,显著延长荔枝果实的保鲜期。

6.2 不同保鲜模式对荔枝果皮品质变化影响较大,而对果肉 TSS 和 TA 含量变化影响不显著。

6.3 在贮藏期前 5 d,不同保鲜模式间的荔枝果实品质差异不显著;

6.4 相对湿度范围对荔枝果皮的品质变化影响较大,仅控温贮藏荔枝果皮水分百分含量下降较快、果实失重率在贮藏过程中迅速增长;

6.5 气调、控温控湿环境两种保鲜模式间的荔枝果实失重率和果皮水分百分含量变化差异不显著;

6.6 20 d 后的荔枝果实货架期试验结果表明,气调贮藏能够延缓荔枝果实货架期失重率的变化,延长果实货架期。

值得讨论的是荔枝品种以及包装方式可能会对试验结果造成一定的影响,本课题组将进行深入研究。

参考文献

- [1] KADER A A. Modified and controlled atmosphere storage of tropical fruits [J]. *Postharvest Handling of Tropical Fruits ACIAR Proceedings*, 1994, 50: 239-249
- [2] 梁汉华,季作梁,黄晓钰.荔枝常温贮藏与包装的研究[J].*果树科学*,1998,15(2):158-163
LIANG Han-hua, JI Zuo-liang, HUANG Xiao-yu. Study on the techniques of package and storage for litchi fruit stored in the room temperature [J]. *Journal of Fruit Science*, 15(2): 158-163
- [3] 吴振先,苏美霞,陈维信,等.荔枝常温贮藏技术及生理变化的研究[J].*华南农业大学学报*,2001,22(1):35-38
WU Zhen-xian, SU Mei-xia, CHEN Wei-xin, et al. Study on treatment and physiology of litchi fruit stored under room temperature [J]. *Journal of South China Agricultural University*, 2001, 22(1): 35-38
- [4] 许晓春,林朝朋,陈维信.不同品种荔枝贮藏期间的生理变化[J].*韶关学院学报*,2005,26(12):89-93
XU Xiao-chun, LIN Chao-peng, CHEN Wei-xin. Physiological and biochemical changes in different litchi chinensis cultivar during postharvest [J]. *Journal of Shaoguan University Natural Science*, 2005, 26(12): 89-93
- [5] 胡位荣,刘顺枝,张昭其,等.1-甲基环丙烯处理荔枝果实减轻其贮藏中冷害的研究[J].*园艺学报*,2006,33(6):1203-1208
HU Wei-rong, LIU Shun-zhi, ZHANG Zhao-qi, et al. Reduction of chilling injury in Litchi fruit by 1-MCP [J]. *Acta Horticulture Sinica*, 2006, 33(6): 1203-1208
- [6] DE Reuck K, 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: 337-351
- [7] 杨松夏,吕恩利,陆华忠,等.荔枝气调贮藏时间对货架期品质变化的影响[J].*现代食品科技*,2013,29(9):2068-2074
YANG Song-xia, LV En-li, LU Hua-zhong, et al. Effects of controlled atmosphere storage time on shelf life quality of litchi [J]. *Modern Food Science and Technology*, 2013, 29(9): 2068-2074
- [8] 李兴友,付祥钊,范亚明.荔枝气调保鲜实验研究[J].*重庆建筑大学学报*,2006,28(3):85-88
LI Xing-you, FU Xiang-zhao, FAN Ya-ming. Experiment research on modified-atmosphere storage of post-harvest lychee [J]. *Journal of Chong qing Jianzhu University*, 2006, 28(3): 85-88
- [9] 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
- [10] 王冬生,魏鸿.荔枝气调保鲜试验[J].*中国果菜*,2002,3:24
- [11] KEVIN J Scott, Brian I Brown, Grantley R. Chaplin, et al. The control of rotting and browning of litchi fruit by hot benomyl and plastic film [J]. *Scientia Horticulture*, 1982, 16(3): 253-262
- [12] 张昭其,庞学群,季作梁,等.采收荔枝果皮褐变的研究[J].*热带作物学报*,1997,18(2):53-58
ZHANG Zhao-qi, PANG Xue-qun, JI Zuo-liang, et al. Pericarp browning of postharvest litchi fruit [J]. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 1997, 18(2): 53-58
- [13] 张昭其,庞学群,段学武,等.荔枝果皮褐变过程中花色苷含量的变化及测定[J].*华南农业大学学报*,2002,23(1):16-19
ZHANG Zhao-qi, PANG Xue-qun, DUAN Xue-wu, et al. Change of anthocyanin content and it's determination during lychee pericarp browning [J]. *Journal of South China Agricultural University*, 2002, 23(1): 16-19
- [14] 罗红辉,李珍,张昭其,等.不同产地桂味荔枝果实特性及其耐藏性差异[J].*广东农业科学*,2012,39(9):37-39
LUO Hong-hui, LI Zhen, ZHANG Zhao-qi, et al. Comparison of fruit characteristics and storage properties in Guiwei lychees harvested from four different areas in Guangdong province [J]. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2012, 39(9): 37-39

- [15] 高经成,袁明耀.荔枝采后生理变化及防止果皮褐变[J].食品科学,1990,6:49-52
- [16] 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 Yong-qi, ZHANG Qing, XU Shi-qiong. 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
- [17] 王育林,彭永宏.热空气处理对荔枝生理特性和贮藏效果的影响[J].应用与环境生物学报,2003,9(2):137-140
WANG Yu-ling, PENG Yong-hong. Effect of hot air treatment on physiological characteristics and storage quality of litchi [J]. Chinese Journal of Applied and Environmental Biology, 2003, 9(2): 137-140
- [18] 姜艳茹,付亚波,李东立,等.不同薄膜材料对妃子笑荔枝自发气调保鲜效果的研究[J].农产品加工(学刊),2014,340(1): 19-21
JIANG Yan-ru, FU Ya-bo, LI Dong-li, et al. Effect of different packing on quality of postharvest litchi (cv. Feizixiao) fruit [J]. Academic Periodical of Farm Products Processing, 2014, 340(1): 19-21
- [19] 赵伟,王莉,张平,等.荔枝果皮褐变机理与防褐保鲜技术研究进展[J].保鲜与加工,2002,2(3):6-9
ZHAO Wei, WANG Li, ZHANG Ping, et al. Advances in research on mechanism of peel browning and technology of protection from browning for litchi [J]. Storage & Process, 2002, 2(3): 6-9
- [20] NOBEL P S. Physicochemical and environmental plant physiology [M]. New York: Academic Press, Inc, 1991
- [21] 王家保.采后荔枝果皮衰老过程中生理变化与基因差异表达分析[D].华南热带农业大学,2007
WANG Jia-bao. Analysis of physiological changes and differential gene expression during pericarp senescence of postharvest litchi [D]. South China University of Tropical Agriculture, 2007
- [22] Ruenroengklin N, Yang B, Lin H T, et al. Degradation of anthocyanin from litchi fruit pericarp by H₂O₂ and hydroxyl radical [J]. Food Chemistry, 2009, 116(4): 995-998