

农产品贮藏加工

陈列柜摆放位置对荔枝货架期品质的影响

郭嘉明^{1,2}, 陈劲^{1,2}, 魏鑫钰^{1,2}, 吴旭东^{1,2}, 曹永峰^{1,2}, 吕恩利^{1,2}

(1.华南农业大学 工程学院, 广州 510642;

2.南方农业机械与装备关键技术教育部重点实验室, 广州 510642)

摘要: 目的 研究不同销售方式及摆放位置对货架期荔枝果实品质变化的影响, 为荔枝果实货架期保鲜和销售货架设计提供一定的参考。方法 在敞开式陈列柜和常温货架上, 以盒装的“怀枝”荔枝果实为实验材料, 开展荔枝果实贮藏试验, 研究货架期 72 h 内荔枝果实分别放置在冷藏陈列柜不同位置和常温货架上品质的变化情况。结果 在货架期内, 冷藏陈列柜第 4 层和常温货架贮藏荔枝的果实褐变指数高于其他陈列位置, 好果率低于其他陈列位置; 冷藏陈列柜第 4 层的荔枝果实质量损失率的上升速率最快, 72 h 后上升至 11.01%, 其果皮色差 a^* 值最小; 第 3 层荔枝果实的质量损失率上升得最缓慢, 其果皮色差 a^* 值最大; 常温货架荔枝的果皮色差 L^* 值最大, 其果肉的可溶性固形物含量和硬度最低; 不同销售方式及摆放位置对荔枝果肉可滴定酸含量的变化影响不显著。结论 在冷藏陈列柜中、上部摆放位置贮藏能相对更好地保证荔枝果实的销售品质, 冷藏陈列柜的结构优化及其对温湿度场分布特性的影响将会是今后的研究方向。

关键词: 荔枝; 保鲜; 货架; 摆放位置; 品质

中图分类号: TS255.3 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2020)15-0001-07

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2020.15.001

Effects of Display Position of the Cabinet on Quality of Litchi in Shelf Life

GUO Jia-ming^{1,2}, CHEN Jing^{1,2}, WEI Xin-yu^{1,2}, WU Xu-dong^{1,2}, CAO Yong-feng^{1,2}, LYU En-li^{1,2}

(1.College of Engineering, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China; 2.Key Laboratory of Key Technology on Agricultural Machine and Equipment, Ministry of Education, Guangzhou 510642, China)

ABSTRACT: The work aims to investigate the effects of different selling modes and positions on the quality of litchi (*Litchi Chinensis* Sonn.) during the shelf life, so as to provide some reference for litchi shelf-life preservation and design of shelf. The "Huaizhi" Litchi with plastic packaging box on the refrigerated display cabinet and the room temperature shelf was used as the experimental material to carry out the litchi fruit storage test to study the quality changes of litchi fruit at different positions of refrigerated display cabinet and on the room temperature shelf within 72 hours during the shelf life. The results showed that, during the shelf life, the browning index of litchi on the fourth layer of refrigerated display cabinet and on the room temperature shelf was higher than that on other display positions, and the marketable fruit rate was lower than that on other display positions. The weight loss rate of litchi on the fourth layer of refrigerated cabinet rose the fastest,

收稿日期: 2020-02-13

基金项目: 国家重点研发计划子任务(2018YFD0401305-2); 广东省 2019 年省级农业科技创新及推广项目(2019KJ101); 农产品保鲜物流共性关键技术研发创新团队项目(2019KJ145); 广东省重点领域研发计划(2019B020225001); 国家自然科学基金(31901736, 31971806)

作者简介: 郭嘉明(1987—), 男, 博士, 华南农业大学副教授, 主要研究方向为果蔬冷链物流与装备。

通信作者: 吕恩利(1979—), 男, 博士, 华南农业大学副教授, 主要研究方向为冷链物流技术与装备。

reaching 11.01% after 72 hours, while the color index a^* value of the litchi pericarp was the lowest. The weight loss rate of litchi on the third layer of refrigerated display cabinet rose the most slowly, and the color index a^* value of the litchi pericarp was the largest. The color index L^* value of litchi on the room temperature shelf was the largest, and the TSS content and hardness of litchi pulp were the lowest. Different selling modes and display positions had no significant effects on the changes of TA content of litchi pulp. The middle and upper positions of refrigerated display cabinet can better ensure the sales quality of litchi fruit. The structure optimization of refrigerated display cabinet and its influence on the distribution characteristics of temperature and humidity field will be the future research directions.

KEY WORDS: litchi; preservation; shelf; position; quality

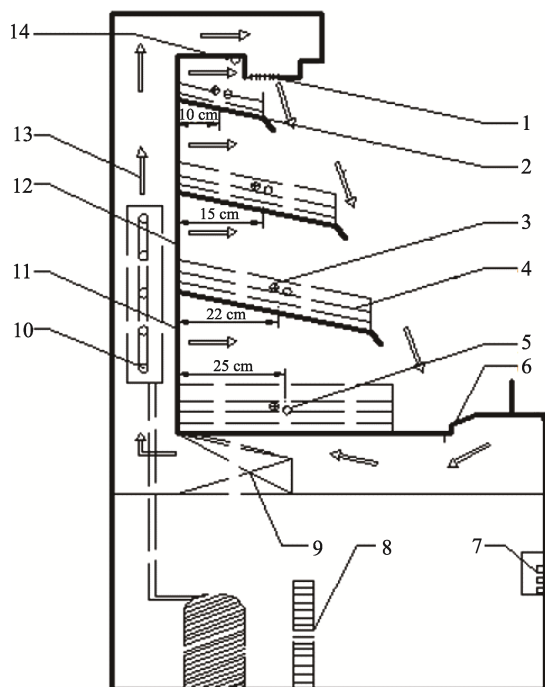
夏季气候高温高湿,荔枝成熟于夏季,因而荔枝采后在常温下贮藏容易发生褐变和腐烂,从而降低了其商品价值。由此,采用适当的措施以减缓荔枝果实的品质变化、延长其货架期是目前研究的热点。温福军等^[1]研究了不同运输保鲜模式对低温陈列柜上的荔枝果实在货架期内品质变化的影响。陆华忠等^[2]研究发现,用低温货架并采用开孔聚乙烯薄膜包装能延长荔枝果实的货架期。杨松夏等^[3-4]研究发现采用低温货架销售时,小开孔率的包装袋可以延缓荔枝品质的下降速度。开放式冷藏陈列柜是零售商店和超市中最常用的冷藏设备,由于货物区与周围环境没有物理屏障,开放式冷藏陈列柜内存在着复杂的气流形式,易受到环境温度变化的影响,导致柜内不同位置的温度分布变化很大^[5-8]。Laguerre 等^[9]研究分析了环境温度、辐射条件和负荷位置等 3 个随机参数对冷藏陈列柜负荷温度的影响,与环境温度和辐射条件相比,负荷位置的影响最大。有研究发现,不同陈列方式对陈列柜内食品温度的影响不同,并通过建立冷藏陈列柜的传热模型,对不同位置的食品温度变化进行了预测,结合试验验证,结果表明冷藏陈列柜内不同位置的温度分布不同^[10-12]。由此可见,研究货架上不同摆放位置对销售过程中荔枝品质的影响具有重要意义。

笔者所在课题组前期^[13]对气调贮藏过程中不同摆放位置对荔枝保鲜贮藏品质的差异进行了研究,发现运输厢体内不同位置的温湿度场分布存在差异,对荔枝品质会造成一定的影响。为了保证冻猪产品的冷冻品质,延长其贮存期,李杨等^[14]研究发现,在冷冻条件相同、摆放位置不同的情况下猪肉的冷冻效果有明显差异。de Frias^[15]和 Kou^[16]等研究了不同冷藏零售陈列柜在不同运行条件下的时间和空间上的温度分布,以及其对包装菠菜品质的影响。目前暂未发现不同销售方式及摆放位置对荔枝货架期品质影响的相关文献描述。文中拟采用敞开式冷藏陈列柜和常温货架对荔枝果实开展贮藏试验,并对比货架期 72 h 内荔枝果实分别放置在冷藏陈列柜不同位置和常温货架上的品质差异,研究不同销售方式及摆放位置对货架期荔枝果实品质变化的影响。

1 实验

1.1 装置

敞开式冷藏陈列柜平台见图 1。平台总体尺寸为长 2.00 m、宽 0.99 m、高 1.54 m,有效容积约为 0.81 m³。冷藏陈列柜的组成包括制冷机组、风循环系统、控制系统和柜体等。柜体内的货物陈列区域由 3 层搁架自上而下将其分隔为 4 层,见图 2。每层货物区均布置有 PT100 温度传感器和相对湿度传感器,用以测量柜内环境的温湿度分布,并采用计算机自动记录各测量值。控制系统根据在柜内顶部布置的温度传感器来控制制冷机组的启停。



1.顶部出风口 2.搁架 3.温度传感器测点 4.货物区 5.相对湿度传感器监测点 6.回风格栅 7.控制器 8.制冷机组 9.轴流风机 10.蒸发器盘管 11.均流孔板 12.出风孔 13.风道 14.控制温度传感器测点

图 1 敞开式陈列柜平台结构
Fig.1 Platform structure of open display cabinet



图 2 敞开式陈列柜货物陈列方式
Fig.2 Loading pattern of open display cabinet

陈列柜通过货物区底部隔板下的轴流风机将由制冷机组产生的冷风送至货物区。一部分冷风通过柜内的均流孔板均匀送出, 使柜内货物区维持低温状态。均流孔板的出风孔设置, 其中第 1 层货物区有 1 排侧壁出风孔, 第 2、第 3 层货物区分别有 2 排出风孔, 第 4 层货物区有 3 排出风孔。另一部分冷风通过顶部出风口送出, 形成单层冷风幕, 用以阻挡陈列柜内、外空气的热质交换, 具有节能减荷的作用。在轴流风机的作用下, 柜内货物区的空气通过回风格栅回风, 经过制冷机组再次降温, 形成循环冷风。

1.2 材料

此次选择“怀枝”荔枝果实为实验材料, 于清晨摘自广州市从化区, 约 9 成熟, 共 50 kg。实验前去除多余的枝叶, 挑选大小均匀、无机械损伤的果实, 洗净后进行 15 min 冰水预冷, 再进行消毒杀菌处理, 于空调房内晾干。

1.3 方法

将晾干后的荔枝果实采用塑料包装盒进行包装, 并分别放置于冷藏陈列柜和常温货架内。实验冷藏陈列柜柜内环境参数设置: 温度为 8~11℃, 相对湿度为 75%~85%; 常温货架所处环境参数设置: 温度为 30℃, 相对湿度为 74%~85%。试验中每隔 12 h 取样检测 1 次, 共 6 次。

1.3.1 果实质量损失率

每次从各试验组中随机取出 1 盒荔枝果实进行质量测量, 并计算质量损失率, 平行测定 3 次后取其平均值。

果实质量损失率=果实质量变化值/果实初始质量×100% (1)

1.3.2 褐变指数和好果率

荔枝果实的褐变指数采用感观评定法进行快速分级, 每次测量时随机取出 20 颗荔枝果实, 设 3 次重复实验。具体分级标准参照 Scott 等^[17]的方法。好

果率以具有商品价值的 1 级和 2 级果实为评价标准。

褐变指数=Σ(褐变级数×该级果数)/总果数 (2)

好果率=(1 级果数+2 级果数)/总果数×100% (3)

1.3.3 果皮色差值

采用色差仪对荔枝果皮进行色差测定, 从每组包装中随机取出 10 颗荔枝果实, 每个荔枝果实在赤道面两侧对称位置各测 1 次色差, 重复测量 3 次, 取其平均值。色差值中 L^* 值反映果皮亮度, 数值越大则果皮越亮, 反之越暗; a^* 值表示从红色至绿色的范围, 数值越大则果皮越红, 反之越绿。 b^* 值表示从黄色至蓝色的范围, 数值越大则果皮越黄, 反之越蓝。

1.3.4 可溶性固形物

每次从每组包装中随机取出 5 颗荔枝果实, 取其果肉挤汁, 采用糖度仪重复测定 3 次可溶性固形物 (TSS) 含量, 并取其平均值。

1.3.5 可滴定酸

果实的可滴定酸含量采用酸度计进行测量。每次从每组包装中随机取出 5 颗荔枝果实, 取其果肉挤汁, 取样汁采用酸碱中和法^[13, 18]测定 TA 含量, 重复测量 3 次, 并取其平均值。

1.3.6 果肉硬度

每组分别取出 1 盒荔枝, 随机取 3 颗, 采用果肉硬度计测试果肉的硬度, 重复测量 3 次, 并取其平均值。

1.3.7 统计分析

实验数据采用 Excel 表格进行统计分析, 采用 SPSS 软件进行差异显著性分析。在差异显著性分析结果中, $P>0.05$ 表示差异不显著, $0.01<P<0.05$ 表示差异显著, $P<0.01$ 表示差异极显著。

2 结果与分析

2.1 果实质量损失率

在货架期 72 h 内, 不同销售方式和摆放位置的荔枝果实质量损失率随时间的变化规律见图 3。其中, 冷藏陈列柜中第 4 层位置荔枝果实的质量损失率上升得最快, 经过 72 h 的货架期, 其质量损失率达到 11.01%; 冷藏陈列柜中第 3 层位置的荔枝果实质量损失率比其余实验组的均低。这可能是由于冷藏陈列柜底层货物区的侧壁出风孔数量较多, 送风量较大, 荔枝果实与空气热质交换速度较快, 果实水分蒸发得较快, 导致质量损失率上升得较快。该区域靠近回风格栅, 气流相对不稳定。Laguerre 等^[19]认为敞开式冷藏陈列柜的出风口和回风口附近的空气对流传热系数要比 2 个位置之间的温度高。文中实验结果与 Laguerre 等的研究结果相吻合。冷藏陈列柜第 1、第

2层位置荔枝果实的质量损失率比第3层的高,可能是因为其更靠近顶部出风口,受到冷风幕气流的影响,空气与荔枝热质交换得更充分,使得水分散失得相对较快。说明不同摆放位置对荔枝果实质量损失率的影响较大。

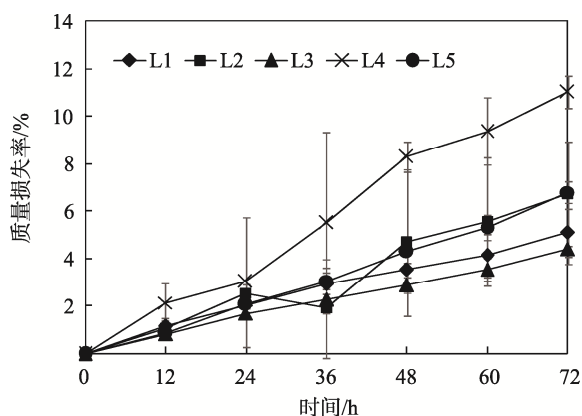


图3 货架期内荔枝果实质量损失率随时间变化的情况
Fig.3 Changes of weight loss rate of litchi fruits changing with time in shelf life

2.2 褐变指数和好果率

在货架期 72 h 内,不同销售方式及摆放位置的荔枝果实褐变指数随时间的变化规律见图 4。随着货架期时间的延长,荔枝果皮褐变指数呈上升趋势。在货架期前 24 h,不同销售方式及摆放位置荔枝果实的褐变指数差异较小;冷藏陈列柜第 4 层位置和常温货架上的荔枝果实褐变指数显著比其余位置的荔枝果实大 ($P<0.05$)。

荔枝果实好果率的变化趋势与褐变指数的变化趋势基本相反。从图 5 可以看出,货架期 24 h 以后,冷藏陈列柜第 4 层位置和常温货架上的荔枝果实好果率比其余位置荔枝果实的下降速度快。说明低温及适当的位置可以延长荔枝果实的货架期。

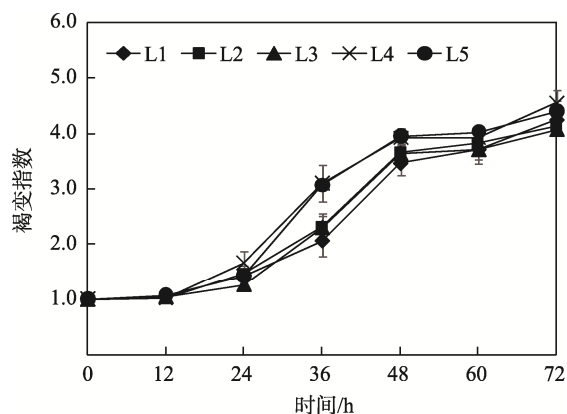


图4 货架期内荔枝果皮褐变指数随时间变化的情况
Fig.4 Changes of pericarp browning index of litchi changing with time in shelf life

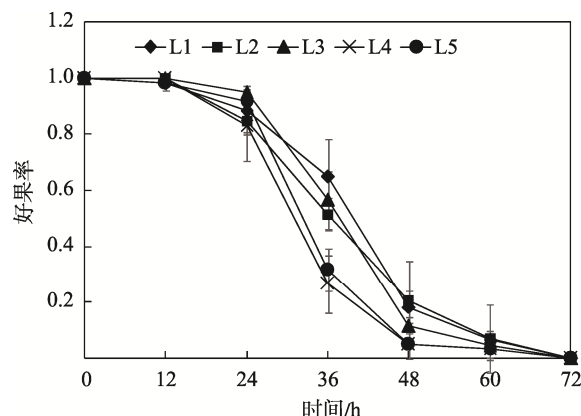


图5 货架期内荔枝果实好果率随时间变化的情况
Fig.5 Changes of marketable fruit rate of litchi fruits changing with time in shelf life

2.3 果皮色差值

在货架期 72 h 内,不同销售方式及摆放位置的荔枝果皮色差值随时间的变化规律见图 6—8。其中,冷藏陈列柜第 1 层位置的荔枝果皮色差 L^* 值显著 ($P<0.01$) 小于其他实验组,这可能是由于陈列柜内不同位置的温度分布情况不同,顶部位置的辐射换热比底部更显著^[19]。常温货架上的荔枝果皮色差 L^* 值比冷藏陈列柜荔枝的大。

从图 7 可以看出,经过货架期 24 h 后,冷藏陈列柜第 3 层位置的荔枝果皮色差 a^* 值比其余试验组的大,而冷藏陈列柜第 4 层位置的荔枝果皮色差 a^* 值最小。这可能是由于第 3 层位置的荔枝果实质量损失率最低,果实失水较少;第 4 层位置的荔枝果实质量损失率最大,果皮失水较多。随着水分的流失,果皮花色素苷含量会降低,意味着果皮红色逐渐退却^[20]。笔者所在课题组的前期研究表明^[21],在冷藏贮藏保鲜模式下荔枝果皮的色差 a^* 值与果实质量损失率成线性关系。文中实验的结果与课题组前期的研究结果相吻合,果皮色差 a^* 值的变化与果实质量损失率的变化相反,果实质量损失率越大,果皮差 a^* 值越小。

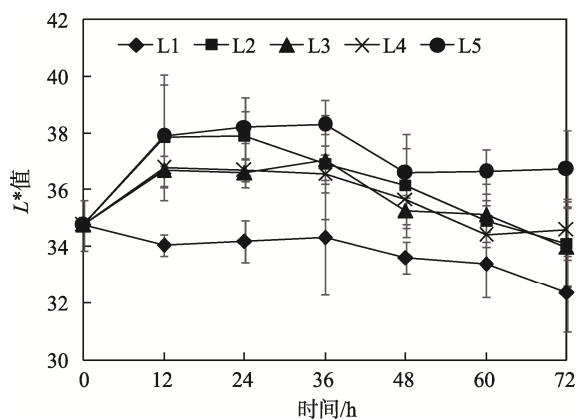


图6 货架期内荔枝果皮色差 L^* 值随时间变化的情况
Fig.6 Changes of color index L^* value of litchi pericarp changing with time in shelf life

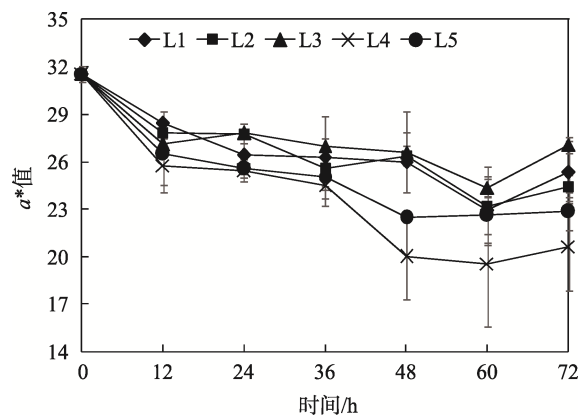


图 7 货架期内荔枝果皮色差 a^* 值随时间变化的情况
Fig.7 Changes of color index a^* value of litchi pericarp changing with time in shelf life

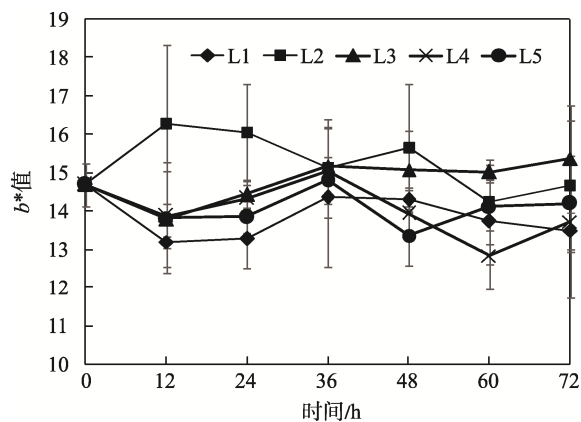


图 8 货架期内荔枝果皮色差 b^* 值随时间变化的情况
Fig.8 Changes of color index b^* value of litchi pericarp changing with time in shelf life

2.4 可溶性固形物和可滴定酸

在货架期 72 h 内，不同销售方式及摆放位置的荔枝果肉 TSS 含量随时间的变化规律见表 1。经过 72 h 货架期，常温货架上荔枝果肉的 TSS 含量最低，TSS 的质量分数由 18.2%降到 17.0%。

表 1 货架期内荔枝果肉 TSS 含量随时间的变化情况
Tab.1 Changes of TSS content of litchi pulp changing with time in shelf life

时间/ h	TSS 质量分数/%				
	L1	L2	L3	L4	L5
0	18.2±0.1	18.2±0.1	18.2±0.1	18.2±0.1	18.2±0.1
12	17.9±0.5	18.1±0.7	18.2±0.1	17.6±0.7	17.0±0.4
24	18.0±0.4	18.0±0.4	17.8±0.2	18.2±0.5	17.5±0.5
36	18.2±0.3	18.4±0.3	17.5±0.3	17.7±0.5	17.4±0.6
48	17.9±0.1	17.9±0.5	17.4±0.2	17.7±0.3	17.6±0.3
60	18.3±0.8	17.7±0.3	17.7±0.3	18.0±0.6	17.7±0.2
72	18.1±0.4	17.7±0.5	17.4±0.7	17.9±0.1	17.0±0.3

从表 2 可以看出，经过 72 h 货架期后，不同销售方式及摆放位置的荔枝果肉 TA 含量差异不显著 ($P>0.05$)。

表 2 货架期内荔枝果肉 TA 含量随时间变化的情况
Tab.2 Changes of TA content of litchi pulp changing with time in shelf life

时间/ h	TA 的质量浓度/(g·L ⁻¹)				
	L1	L2	L3	L4	L5
0	2.9±0.1	2.9±0.1	2.9±0.1	2.9±0.1	2.9±0.1
12	2.6±0.0	2.7±0.3	2.6±0.2	2.7±0.3	2.4±0.1
24	2.4±0.0	2.3±0.1	2.5±0.1	2.4±0.0	2.4±0.1
36	2.3±0.1	2.4±0.3	2.5±0.2	2.4±0.1	2.4±0.2
48	2.7±0.1	2.7±0.3	2.6±0.1	2.5±0.1	2.5±0.2
60	2.3±0.2	2.1±0.1	2.2±0.1	2.1±0.1	2.1±0.0
72	2.3±0.1	2.6±0.1	2.6±0.0	2.9±0.2	3.0±0.2

2.5 果肉硬度

从表 3 可以看出，货架期前 48 h，不同销售方式及摆放位置的荔枝果肉硬度差异不显著 ($P>0.05$)。经过 48 h 货架期后，常温货架上的荔枝果肉硬度低于冷藏陈列柜上的，到 72 h 时降至 91 kPa。

表 3 货架期内荔枝果肉硬度随时间变化的情况
Tab.3 Changes of hardness of litchi pulp changing with time in shelf life

时间/ h	果肉硬度/kPa				
	L1	L2	L3	L4	L5
0	107±0.02	107±0.02	107±0.02	107±0.02	107±0.02
12	109±0.06	107±0.07	119±0.05	101±0.03	109±0.15
24	110±0.06	108±0.09	121±0.09	116±0.03	110±0.21
36	109±0.06	107±0.07	119±0.05	101±0.03	109±0.15
48	120±0.05	111±0.16	102±0.05	110±0.03	101±0.02
60	112±0.08	120±0.18	115±0.01	113±0.15	101±0.05
72	110±0.12	104±0.15	117±0.10	108±0.04	91±0.04

3 结语

对放置在敞开式冷藏陈列柜不同位置和常温货架上的荔枝进行了相关指标检测，研究了货架期 72 h 内不同销售方式及摆放位置的荔枝的品质变化情况。

1) 不同销售方式的荔枝果实品质存在差异。根据试验结果分析，销售期在 24 h 以下的，可采用常温货架；当销售期超过 24 h，则采用冷藏陈列柜可以延缓果肉品质的变化，延长货架期。

2) 陈列柜上不同摆放位置对荔枝果实的质量损失率、褐变指数、好果率和色泽的影响较大,不同高度位置的荔枝品质存在差异。色泽是荔枝果实商品价值的重要评价指标,当销售期超过 24 h,则选择冷藏陈列柜上部和中部的摆放位置,可以减缓果皮色差值的变化。

3) 72 h 货架期内不同销售方式及摆放位置的荔枝果肉 TA 含量差异不显著。

研究结果为荔枝果实货架期保鲜和销售货架设计提供了一定的参考,有利于冷藏陈列柜的结构优化及柜内温湿度场的分布优化。采用冷藏陈列柜在合适的温度下销售荔枝果实,能够更好地保证荔枝的销售品质。另外,荔枝品种、贮藏时间、包装、运输保鲜模式等也会对实验结果造成影响。值得讨论的是,环境风速和通风量、不同温度、不同湿度等可能对荔枝果实销售过程中的品质变化具有一定的影响,笔者所在课题组将进行深入的研究。

参考文献:

- [1] 温福军, 郭嘉明, 李亚慧, 等. 荔枝运输保鲜模式对货架期品质变化的影响[J]. 广东农业科学, 2015, 42(7): 77—81.
WEN Fu-jun, GUO Jia-ming, LI Ya-hui, et al. Effects of Transport Fresh-keeping Modes on Quality of Litchi in Shelf-life [J]. Guangdong Agricultural Sciences, 2015, 42(7): 77—81.
- [2] 陆华忠, 李源泉, 吕恩利, 等. 不同温度和包装方式对荔枝保鲜品质的影响[J]. 现代食品科技, 2013, 29(10): 2330—2334.
LU Hua-zhong, LI Yuan-quan, LYU En-li, et al. Effect of Different Temperature and Packing on Fresh-keeping Quality of Litchi[J]. Modern Food Science and Technology, 2013, 29(10): 2330—2334.
- [3] 杨松夏, 陆华忠, 吕恩利, 等. 包装袋开孔率对荔枝低温货架销售品质的影响[J]. 食品工业科技, 2014, 35(15): 338—342.
YANG Song-xia, LU Hua-zhong, LYU En-li, et al. Effects of Packaging Bags with Different Ventilation Rates on the Quality of Litchi Sold on the Low Temperature Shelf[J]. Science and Technology of Food Industry, 2014, 35(15): 338—342.
- [4] 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, LYU 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.
- [5] GILL C O, JONES T, HOUE A, et al. The Temperatures and Ages of Packs of Beef Displayed in Multi-shelf Retail Cabinets[J]. Food Control, 2003, 14(3): 145—151.
- [6] EVANS J A, SCARCELLI S, SWAIN M V L. Temperature and Energy Performance of Refrigerated Retail Display and Commercial Catering Cabinets Under Test Conditions[J]. International Journal of Refrigeration, 2006, 30(3): 398—408.
- [7] LU Y L, ZHANG W H, YUAN P, et al. Experimental Study of Heat Transfer Intensification by Using a Novel Combined Shelf in Food Refrigerated Display Cabinets (Experimental Study of a Novel Cabinets)[J]. Applied Thermal Engineering, 2008, 30(2): 85—91.
- [8] CHAOMUANG N, FLICK D, LAGUERRE O. Experimental and Numerical Investigation of the Performance of Retail Refrigerated Display Cabinets[J]. Trends in Food Science & Technology, 2017, 70: 95—104.
- [9] LAGUERRE O, DERENS E, FLICK D. Temperature Prediction in a Refrigerated Display Cabinet: Deterministic and Stochastic Approaches[J]. Electronic Journal of Applied Statistical Analysis, 2011, 4(2): 191—202.
- [10] 吕彦力, 孟志强, 曹秀琴, 等. 立式冷藏陈列柜内食品传热模型研究及温度预测[J]. 郑州轻工业学院学报(自然科学版), 2012, 27(5): 59—62.
LYU Yan-li, MENG Zhi-qiang, CAO Xiu-qin, et al. Temperature Prediction and Heat Transfer Model Study of Food Product in Vertical Open Refrigerated Display Cabinet[J]. Journal of Zhengzhou University of Light Industry (Natural Science Edition), 2012, 27(5): 59—62.
- [11] 袁培, 刘键, 付云飞, 等. 立式冷藏陈列柜食品温度预测计算模型[J]. 轻工学报, 2016, 31(6): 69—73.
YUAN Pei, LIU Jian, FU Yun-fei, et al. The Computational Model of Food Temperature Prediction in a Vertical Refrigerated Display Cabinet [J]. Journal of Light Industry, 2016, 31(6): 69—73.
- [12] 吕彦力, 薛牡丹, 袁培, 等. 陈列方式对立式冷藏陈列柜食品温度的影响[J]. 食品与机械, 2007(6): 72—75.
LYU Yan-li, XUE Mu-dan, YUAN Pei, et al. Experimental Study on the Influence of Different Display Ways on the Temperature in Vertical Refrigerated Display Cabinet[J]. Food & Machinery, 2007(6): 72—75.
- [13] 郭嘉明, 吕恩利, 陆华忠, 等. 气调贮藏摆放位置对荔枝保鲜品质的影响[J]. 中国食品学报, 2016, 16(1): 188—195.
GUO Jia-ming, LYU En-li, LU Hua-zhong, et al. Effects of Storage and Transportation Placement on the Fresh-keeping Quality of Litchi under Controlled Atmosphere[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2016, 16(1): 188—195.
- [14] 李杨, 刁小琴, 刘丽美, 等. 冻结环境对冻猪肉产品冷冻效果的影响分析[J]. 现代畜牧科技, 2019(4): 1—3.
LI Yang, DIAO Xiao-qin, LIU Li-mei, et al. Analysis of the Effect of Freezing Environment on Freezing Effect of Frozen Pig Products[J]. Modern Animal Hus-

- bandry Science & Technology, 2019(4): 1—3.
- [15] DE FRIAS J A, LUO Y, KOU L, et al. Improving Spinach Quality and Reducing Energy Costs by Retrofitting Retail Open Refrigerated Cases with Doors[J]. Postharvest Biology and Technology, 2015, 110: 114—120.
- [16] KOU L, LUO Y, INGRAM D T, et al. Open-refrigerated Retail Display Case Temperature Profile and Its Impact on Product Quality and Microbiota of Stored Baby Spinach[J]. Food Control, 2015, 47: 686—692.
- [17] SCOTT K J, BROWN B I, CHAPLIN G R, et al. The Control of Rotting and Browning of Litchi Fruit by Hot Benomyl and Plastic Film[J]. Scientia Horticulturae, 1982, 16(3): 253—262.
- [18] 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(2): 137—140.
- WANG Yu-lin, 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(2): 137—140.
- [19] LAGUERRE O, HOANG M H, OSSWALD V, et al. Experimental Study of Heat Transfer and Air Flow in a Refrigerated Display Cabinet[J]. Journal of Food Engineering, 2012, 113(2): 310—321.
- [20] RUENROENGKLIN N, YANG B, LIN H, et al. Degradation of Anthocyanin from Litchi Fruit Pericarp by H_2O_2 and Hydroxyl Radical[J]. Food Chemistry, 2009, 116(4): 995—998.
- [21] 郭嘉明, 吕恩利, 陆华忠, 等. 荔枝果皮色差 a^* 值与其他品质指标的关联性[J]. 现代食品科技, 2014, 30(10): 68—73.
- GUO Jia-ming, LYU En-li, LU Hua-zhong, et al. Relationship between Color Index a^* Values and Other Quality Indicators of Litchi Pericarp during Storage[J]. Modern Food Science and Technology, 2014, 30(10): 68—73.