

荔枝果皮色差 a^* 值与其他品质指标的关联性

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: 褐变是影响荔枝销售的主要因素之一, 为掌握荔枝颜色变化与荔枝品质指标的关联关系, 以“桂味”为试验材料, 采用带孔 PE 袋进行包装, 分别将其贮藏于气调和冷藏 2 种贮藏保鲜模式 30 d, 研究了荔枝果皮色差 a^* 值与其他品质指标的变化关系, 并拟合成线性关系式。研究表明: 气调模式比冷藏模式有利于抑制荔枝果皮色差 a^* 值变化, 荔枝果皮色差 a^* 值分别从 35.0 降至 28.97 和 20.96; 荔枝果皮色差 a^* 值与果皮失水率、褐变指数、花色苷含量、果实失重率以及感官评定值成线性关系, 平均相关系数为 0.8609; 荔枝果皮色差 a^* 值与其电导率、pH 值线性关系不显著, 平均相关系数分别只有 0.5392 和 0.4977; 冷藏模式下, 除感官评定值外, 荔枝果皮色差 a^* 值与其他品质指标的线性相关性要高于气调模式, 平均相关系数分别为 0.9465 和 0.7752。研究结果对研究以果皮色差预测荔枝贮藏期及货架期具有一定的参考价值。

关键词: 荔枝; 贮藏; 色差 a^* 值; 其他品质; 关联性

文章编号: 1673-9078(2014)10-68-73

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2014.10.013

Relationship between Color index a^* Values and Other Quality Indicators of Litchi Pericarp 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: Browning is one of the main factors affecting sales of litchi fruit. In order to understand the relationship between color change and other quality indicators of litchi fruit, ‘Guiwei’ litchi fruit was chosen for this study. The fruit was packaged in PE packaging bags with holes and stored under cold storage and controlled atmosphere storage conditions, for 30 days. The change of color index a^* values of litchi pericarp and other quality indicators were studied, and the data were fitted to a linear relationship. The results showed that controlled atmosphere storage was advantageous in suppressing the change of color index a^* value of litchi pericarp, which decreased from 35.0 to 28.97 under controlled atmosphere conditions, whereas it decreased to 20.96 under cold storage conditions. In addition, a^* value of litchi pericarp showed a linear relationship with the rate of pericarp moisture loss, browning index, anthocyanin content, weight loss rate, and sensory evaluation score, with an average correlation coefficient of 0.8609. However, a^* value of litchi pericarp did not show a significant linear relationship with conductivity and pH value, while the average correlation coefficients were 0.5392 and 0.4977, respectively. Under cold storage conditions, expect for sensory evaluation value, a^* value of litchi pericarp showed better linear correlations with other quality indicators when compared to those under controlled atmosphere conditions, where the average correlation coefficient was 0.7752 under controlled atmosphere conditions, but was 0.9465 under cold storage conditions. The results of this study provide a reference for predicting litchi shelf life by color index of the pericarp.

Key words: litchi; storage; color index a^* value; other qualities; relatedness

荔枝是岭南特色水果, 其味道鲜美, 营养丰富, 深受广大人民群众喜爱。荔枝收获于高温高湿的夏季, 再加上果实结构保水能力较差, 导致荔枝品质变化较

收稿日期: 2014-04-15

基金项目: 国家科技支撑计划课题 (2013BAD19B01)

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。

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

快, 采后易褐变腐烂, 不易运输和贮藏^[1-3]。荔枝品质变化首先体现在颜色的变化上, 新鲜的荔枝呈鲜红色, 而后慢慢变褐, 表现在色差 a^* 值 (色差以 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, 反之越蓝的变化上。研究荔枝果皮色差 a^* 值与其他指标的关联关系有利于对荔枝在贮藏期内的品质变化进行预测, 有助于在贮运过程中对荔枝的品质进行监控。

王家保^[4]对荔枝采后荔枝果皮衰老过程进行了研

$$\text{褐变指数} = \frac{\sum_{i=1}^5 (\text{褐变级数} \times \text{该级果数})}{\text{总果数}} \quad (1)$$

1.3.3 失重率

采用电子天平对每一袋样品进行称重,失重率计算如式(2)所示:

$$\text{失重率} = (\text{入库时质量} - \text{入库后质量}) / \text{入库时质量} \times 100\% \quad (2)$$

1.3.4 果皮花色素苷含量

$$\text{果皮花色素苷含量}(\text{mg/g} \cdot \text{FW}) = \Delta A \times 5 \times 0.1 \times 1000 \times 445.2 / (29600 \times 5) \quad (3)$$

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。

1.3.5 果皮失水率^[13]

在每一袋样品中取10颗荔枝,剥取果皮,用滤纸吸干果皮内外表面的明水,用直径5 mm的打孔器打出5 g果皮,用电子称称出质量,平行测定3次,取平均值。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。

$$\text{果皮含水量} = (\text{鲜重} - \text{烘干后质量}) / \text{鲜重} \quad (4)$$

$$\text{果皮含水量变化值} = \text{果皮初始含水量} - \text{果皮现时含水量} \quad (5)$$

$$\text{果皮失水率} = \text{果皮含水量变化值} / \text{果皮初始含水量} \quad (6)$$

1.3.6 果皮电导率

参照高经成等^[14]的方法,采用上海仪电科学仪器股份有限公司的DDS-307A型电导率仪对果皮电导率进行测量。在每一袋样品中取10颗荔枝,剥取果皮,用直径为2 mm的打孔器取果皮若干,用蒸馏水漂洗2次,用滤纸吸干,放入100 mL烧杯内,称取2 g,加30 mL去离子水。静置30 min,测一次电导率;在沸水中煮15 min,快速降温后,再测定一次,平行测定3次。

1.3.7 果皮 pH 值^[15]

从袋中抽出10个果实,取5 g果皮,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。重复测3次。

1.3.8 感官评定^[16-18]

选取课题组对荔枝具有一定研究经验的人对荔枝进行品尝,品尝内容包括外观和味道。

评分标准:

色泽:将样品在白色背景下观察色泽、整体外观。由低到高分:1~5分;

风味:将样品放入口中,涂布满口,反复品尝,鉴别滋味优劣及后味长短。第二次品尝时,须清水漱口后进行。由低到高分:1~5分。

对分数进行汇总,取平均值。

2 结果与分析

参照张昭其^[12]的方法,用pH差示法测定果皮花色素苷含量,从袋中抽出10个果,用直径10 mm打孔器,均匀取5 g果皮,切碎后用1% HCl浸提,直至果皮褪至无色,过滤,定容至100 mL。取1 mL浸提液,分别用0.4 mol/L pH 1.0 KCl-HCl缓冲液和0.2 mol/L pH 5.0柠檬酸-磷酸氢二钠缓冲液稀释至5 mL,充分混匀,以蒸馏水为对照,采用紫外7230G型可见分光光度计在510 nm处测定光密度值(A),平行测定3次。

2.1 2种保鲜模式荔枝果皮色差 a* 值的变化

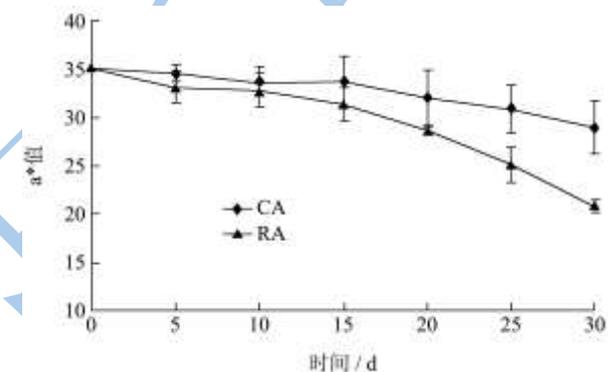


图2 贮藏期内荔枝果皮色差 a* 值的变化

Fig.2 Changes in color index a* values of litchi pericarp during storage

2种保鲜模式荔枝果皮色差 a* 值的变化如图2所示。从图2可以看出,在贮藏前10 d,2种保鲜模式荔枝果皮色差 a* 值比较接近。而后,随着贮藏时间的延长,2种保鲜模式荔枝的果皮 a* 值差异不断拉大。CA处理荔枝果皮色差 a* 值显著要大于 RA 处理 (P<0.05),说明了气调贮藏在保持荔枝果皮色泽方面有重要的作用。

2.2 果皮色差 a* 值与失水率的关系

据文献报道,果皮失水是荔枝褐变的重要原因之一^[3],而果皮褐变表现在其表面颜色的变化上。图3是贮藏期内2种保鲜模式荔枝果皮 a* 值与其失水率的变化关系。果皮失水率与果皮色差 a* 成反比关系,即色差 a* 值越小,失水率越大。

2.3 果皮色差 a* 值与褐变指数的关系

荔枝果皮 a* 值与褐变指数的关联关系如图4所示。从图4中看出,荔枝果皮褐变指数的变化与果皮

色差 a^* 值的变化不同, 呈增大趋势。其中 RA 处理的荔枝褐变指数变化较快, 经过 30 d 的贮藏, 褐变指数值达到 4.25。而 CA 处理荔枝前 20 d 内其果皮褐变指数上升较慢, 贮藏期结束时褐变指数值增大到 2.47。

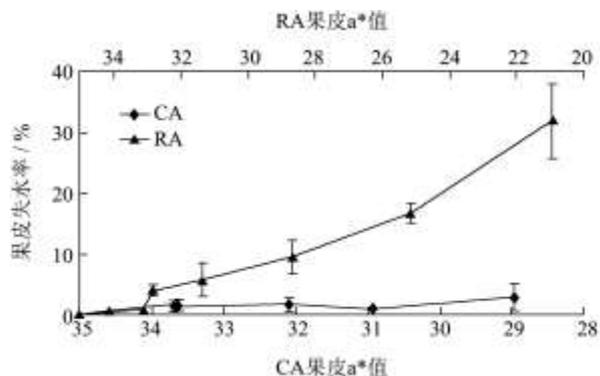


图 3 贮藏期内果皮 a^* 值与失水率的关联关系

Fig.3 Relationship between a^* values of litchi pericarp and moisture loss rates during storage

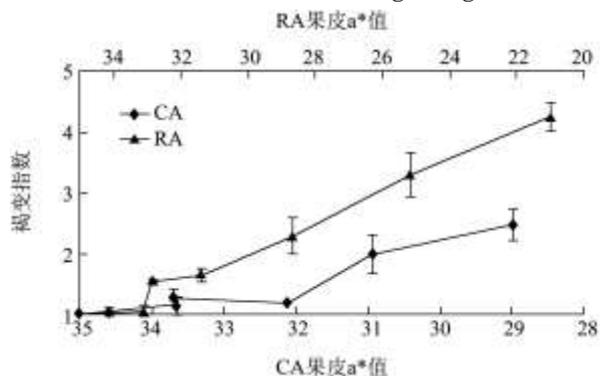


图 4 贮藏期内荔枝果皮 a^* 值与褐变指数的关联关系

Fig.4 Relationship between a^* values of litchi pericarp and browning indexes during storage

2.4 果皮色差 a^* 值与失重率的关系

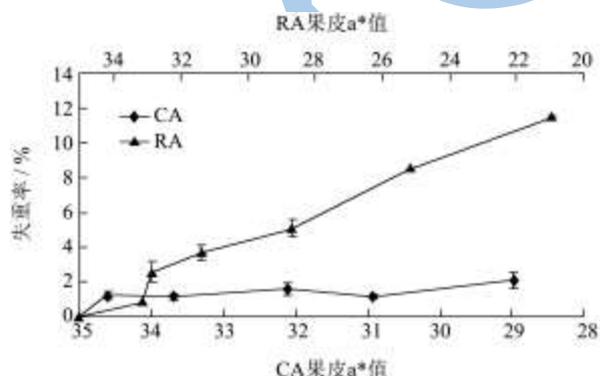


图 5 贮藏期内荔枝果皮 a^* 值与失重率的关联关系

Fig.5 Relationship between a^* values of litchi pericarp and weight loss rates during storage

果皮色差 a^* 值与失重率的关联关系如图 5 所示。从图 5 可以看出, RA 处理荔枝的失重率与果皮色差 a^* 值的变化相反, 其上升的速度较 CA 处理荔枝

快。在贮藏期前 5 d, 2 种保鲜模式荔枝果实失重率的比较接近, 为 1% 左右; 而后随着果皮 a^* 值的较快下降, RA 果实的失重率也呈现较快上升。

2.5 果皮色差 a^* 值与相对电导率的关系

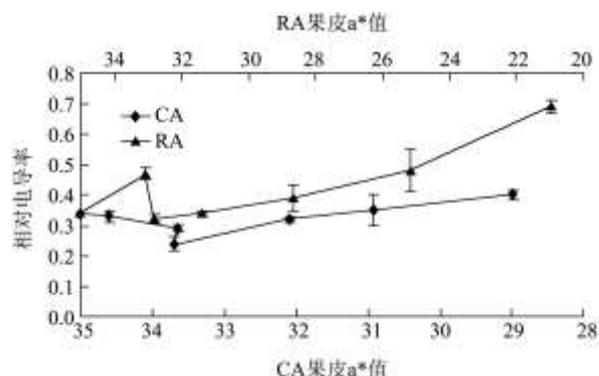


图 6 贮藏期内荔枝果皮 a^* 值与相对电导率的关联关系

Fig.6 Relationship between a^* values of litchi pericarp and relative electrical conductivities during storage

果皮相对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^[4]。与果皮色差 a^* 变化趋势相反, 果皮相对电导率随贮藏时间延长呈增大趋势。2 种保鲜模式荔枝果皮 a^* 值与相对电导率的关联关系如图 6 所示。从图中可以看出, 在贮藏期内, RA 荔枝的果皮相对电导率上升较快; 而 CA 处理荔枝的果皮相对电导率变化较慢。

2.6 果皮色差 a^* 值与花色素苷含量的关系

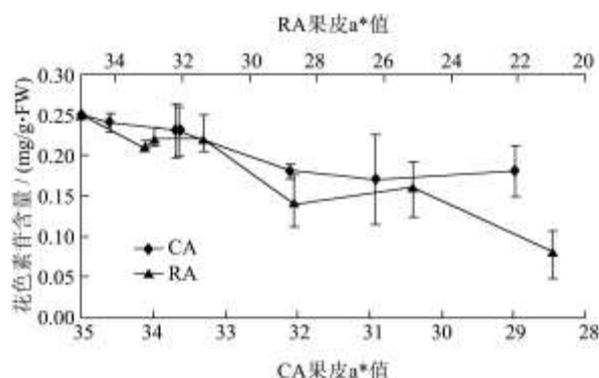


图 7 贮藏内荔枝果皮 a^* 值与花色素苷含量的关联关系

Fig.7 Relationship between a^* values of litchi pericarp and anthocyanin contents during storage

花色素苷是维持荔枝鲜红色的重要成分之一^[9], 贮藏期内荔枝果皮色差 a^* 值与花色素苷含量的关联关系如图 7 所示。花色素苷的含量与果皮色差 a^* 值的变化基本一致。贮藏期前 15 d, 2 种处理荔枝果皮的花色素苷含量变化较缓慢。而后, RA 处理荔枝果皮花色素苷的含量显著要低于 CA 处理荔枝。其中, 在贮

藏后 15 d 内, RA 荔枝果皮色差 a^* 值从 31.36 降至 20.96, CA 荔枝果皮色差 a^* 值从 33.69 降至 28.97; 而 RA 荔枝果皮的花色素苷含量从 0.14 降至 0.08, CA 荔枝果皮的花色素苷含量从 0.18 降至 0.17。进一步证明了周玮婧等^[20]指出的果皮花色素苷与 a^* 值有较高的线性相关性。

2.7 果皮色差 a^* 值与 pH 值的关系

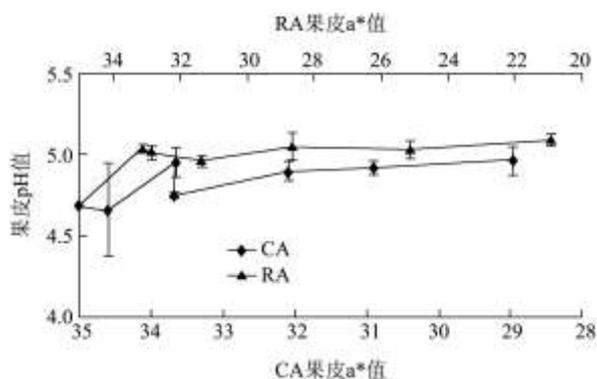


图 8 贮藏期内荔枝果皮 a^* 值与 pH 值的变化关系

Fig.8 Relationship between a^* values of litchi pericarp and pH values during storage

果皮 pH 值与花色素苷的降解有重要关系, 赵伟等^[21]指出, 果皮 pH 值为 3.5 左右, 其保持花色素苷的能力最好。2 种贮藏方式荔枝果皮色差 a^* 值与 pH 值的变化关系如图 8 所示。从图中可知, 与荔枝果皮色差 a^* 值的下降相比, 果皮 pH 值缓慢上升。果皮 pH 值在 30 d 的贮藏期内变化较小, CA 处理荔枝果皮 pH 值要比 RA 荔枝小。

2.8 果皮色差 a^* 值与感官评定值的关系

感官评定分值是对荔枝的综合评价, 包括外观、味道等。2 种保鲜模式荔枝果皮色差 a^* 值与感官评定值的关联关系如图 9 所示。从图中可以看到, 感官值变化与果皮色差 a^* 值的变化趋势基本一致, RA 荔枝感官评定值下降速度显著要大于 CA 荔枝 ($P < 0.05$)。在贮藏期内, 随着果皮色差 a^* 值的下降, 荔枝的外观

色泽和味道都受到了影响, 评定值也因此下降。

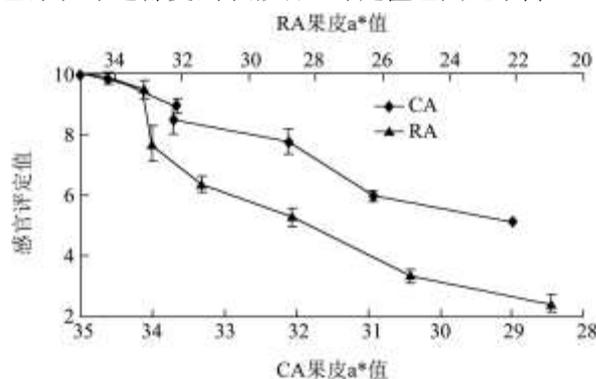


图 9 贮藏期内荔枝果皮 a^* 值与感官评定值的关联关系

Fig.9 Relationship between a^* values of litchi pericarp and sensory evaluation scores during storage

2.9 果皮色差 a^* 值与其他品质指标关联关系式

以果皮失水率、果皮褐变指数、果实失重率、果皮花色素苷含量、果皮电导率和果实感官评定值等指标为因变量, 果皮色差 a^* 值为自变量, 采用 Excel 软件对试验数据进行关系拟合, 拟合结果如表 1 所示。

从表 1 可以看出, 在贮藏 30 d 内, 荔枝果皮色差 a^* 值与其失水率、褐变指数、花色素苷含量、果实失重率以及感官评定值成线性关系; RA 处理荔枝其果皮色差 a^* 值与电导率成线性关系, 而 CA 处理荔枝与电导率线性关系相关性系数较低, 说明气调贮藏可以减缓果皮细胞破坏, 影响果皮色差 a^* 与电导率的关联关系; 果皮 pH 值与 CA 处理荔枝果皮色差 a^* 值基本成线性关系, 而与 RA 处理荔枝果皮色差 a^* 值线性相关性较低。其中 2 种保鲜模式处理中, CA 处理荔枝果皮色差 a^* 值与果实感官评定值相关性比 RA 荔枝要大, 呈正相关性。而 RA 处理荔枝果皮色差 a^* 值与失水率、褐变指数、花色素苷含量、果实失重率相关性比 CA 处理荔枝大。

表 1 果皮色差 a^* 值与其他品质指标的关联关系式

Table 1 Relationship equations between a^* values of litchi pericarp and other indicators during storage

指标	CA 环境	RA 环境
果皮失水率	$y = -0.0032x + 0.1183, R^2=0.621$	$y = -0.0221x + 0.7512, R^2=0.9606$
果皮褐变指数	$y = -0.2442x + 9.4248, R^2=0.8859$	$y = -0.2413x + 9.2863, R^2=0.9846$
果实失重率	$y = -0.2272x + 8.6144, R^2=0.5983$	$y = -0.823x + 28.953, R^2 = 0.984$
果皮花色素苷含量	$y = -0.0138x - 0.2394, R^2=0.8015$	$y = -0.0111x + 0.1465, R^2 = 0.8898$
果皮电导率	$y = -0.014x + 0.7815, R^2=0.3682$	$y = -0.0219x + 1.0807, R^2=0.7102$
果皮 pH 值	$y = -0.046x + 6.3376, R^2=0.6021$	$y = -0.0168x + 5.4797, R^2=0.3932$
果实感官评定值	$y = -0.8495x + 19.762, R^2=0.9693$	$y = -0.5557x + 10.072, R^2=0.9137$

3 结论

采用“桂味”荔枝，分别将其放置气调和普通冷藏环境下贮藏，定期对试验样品进行检测，研究了果皮色差 a^* 值与其他品质指标的关联关系。对试验结果进行处理和分析，得出以下结论：

3.1 气调贮藏比冷藏模式显著减缓荔枝果皮色差 a^* 值变化过程，荔枝果皮色差 a^* 值分别从 35.0 降至 28.97 和 20.96；

3.2 荔枝果皮色差 a^* 值与失水率、褐变指数、花色苷含量、果实失重率以及感官评定值成线性关系，平均相关系数为 0.8609；

3.3 荔枝果皮色差 a^* 值与其电导率、pH 值线性关系不显著，平均相关系数分别只有 0.5392 和 0.4977；

3.4 冷藏模式下，除感官评定值外，荔枝果皮色差 a^* 值与其他品质指标的线性相关性要高于气调模式，平均相关系数分别为 0.9465 和 0.7752。

3.5 研究结果对研究以果皮颜色变化预测荔枝品质变化及货架期有一定的参考价值。值得讨论的是荔枝品种、包装等不同也可能会对研究结果造成一定的影响，本课题组将进行深入研究。

参考文献

- JIANG YM, Zhu X R, LI Y B. Post-harvest control of litchi fruit rot by bacillus subtilis [J]. LWT-Food Science and Technology, 2001, 34(7): 430-436
- 胡鑫鑫,周如金,黄敏,等.荔枝保鲜技术研究与应用现状[J]. 茂名学院学报,2009,19(1):27-31
HU Xin-xin, ZHOU Ru-jin, HUANG Min, et al. The research and application state of litchi's fresh-keeping technique [J]. Journal of Maoming University, 2009, 19(1): 27-31
- WANG H, QIAN Z J, MA S M, et al. Energy status of ripening and postharvest senescent fruit of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) [J]. BMC Plant Biology, 2013, 13(55)
- 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
- 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
- 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, LV 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
- 宋光泉,柳建良,梁世强.荔枝果皮褐变与失重关系的研究[J].仲恺农业技术学院学报,2002,15(3):1-7
SONG Guang-quan, LIU Jian-liang, LIANG Shi-qiang. Study on the relation between browning and weight-loss of litchi pericarp [J]. Journal of Zhongkai University of Agriculture and Technology, 2002, 15(3): 1-7
- 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
- ELIA N A B, RUBEN C V, ANDRÉS V C, et al. Effect of storage temperature and time on quality in minimally processed litchi fruit (*Litchi Chinensis* Sonn.) [J]. Journal of Food Quality, 2010, 33(3): 299-311
- 王冬生,魏鸿.荔枝气调保鲜试验[J].贮运保鲜,2002,3:24
- 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
- 张昭其,庞学群,季作梁,等.采后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
- 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
- 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
- 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 its determination during

- lychee pericarp browning [J]. Journal of South China Agricultural University, 2002, 23(1): 16-19
- [16] 李红丽,于贤昌,高俊杰,等.嫁接和自根黄瓜果实感官评价与营养品质的相关性[J].中国蔬菜,2008,3:23-26
LI Hong-li, YU Xian-chang, GAO Jun-jie, et al. Correlation between sensory evaluation and nutritional quality in grafted and own-rooted cucumber [J]. China Vegetables, 2008, 3: 23-26
- [17] DONG H Q, CHENG L Y, TAN J H, et al. Effects of chitosan coating on quality and shelf life of peeled litchi fruit [J]. Journal of Food Engineering, 2004, 64(3): 355-358
- [18] 陈杭君,曹颖,郜海燕,等.不同品种荔枝品质特性及聚类分析评价[J].中国食品学报,2013,15(5):194-206
CHEN Hang-jun, CAO Ying, GAO Hai-yan, et al. Quality properties and cluster analysis of different litchi cultivars [J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2013, 15(5): 194-206
- [19] 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
- [20] 周玮婧,李书艺,孙智达,等.不同品种荔枝皮花色苷提取物粒径与色度对其抗氧化活性的影响[J].食品科学,2010, 31(9):1-5
ZHOU Wei-jing, LI Shu-yi, SUN Zhi-da, et al. Correlation among particle size distribution and color parameters in aqueous ethanol solution and antioxidant activity of anthocyanin extracts from different varieties of litchi pericarp [J]. Food Science, 2010, 31(9): 1-5
- [21] 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