

不同材料薄膜包装对采后荔枝保鲜效果的影响

唐海尧, 龚意辉, 梁淑兴, 张昭其, 庞学群
(华南农业大学, 广州 510642)

摘要: **目的** 研究低温环境下不同材料薄膜包装处理对荔枝果实耐藏性的影响。**方法** 以“怀枝”荔枝果实作为实验材料, 分别用单侧厚度为0.02 mm的聚乙烯(PE)、聚丙烯(PP)和双向拉伸聚丙烯(BOPP)3种材料的薄膜袋进行包装处理, 不包装的作为对照, 放置在温度为4℃, 相对湿度为66.6%的环境下贮藏。**结果** 随着贮藏时间的增加, 各处理组的荔枝果实均发生不同程度的褐变和腐烂现象, 不包装的荔枝果实迅速失去食用价值, 在贮藏第7天时褐变指数超过4.5, 腐烂率高达56.7%; BOPP包装处理的荔枝果实在第28天时褐变指数仅为2.4, 腐烂率为36.7%, 果皮含水量保持在63%以上, BOPP包装的荔枝果皮相关酶活性相对较低, 且果皮花色素苷含量、果皮厚度和部分营养成分指标均不同程度优于PE和PP包装的荔枝。**结论** 用BOPP薄膜包装处理的荔枝果实在低温环境中显示出较好的贮藏效果。

关键词: 荔枝; 低温; 薄膜包装; 果实保鲜

中图分类号: TS206 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2015)09-0023-05

Effect of Different Packaging Films on the Postharvest Preservation of Litchi Fruit

TANG Hai-yao, GONG Yi-hui, LIANG Shu-xing, ZHANG Zhao-qi, PANG Xue-qun
(South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

ABSTRACT: The aim of this work was to study the effect of different packaging films on the storability of Litchi fruit in the low-temperature environment. Litchi fruit was chosen as the experimental material, and storage bags made of three different materials, namely, polyethylene (PE), polypropylene (PP) and bi-axially oriented polypropylene (BOPP), with a unilateral thickness of 0.02 mm thickness were used for packaging. Using the fruit without package as the control, all were allowed to stand in an environment with a temperature of 4℃ and a relative humidity of 66.6% for storage. With the increase of storage time, the Litchi fruit with different treatments all showed different degrees of browning and decay phenomenon. The Litchi fruit without package rapidly lost the food value, the browning index was higher than 4.5, and the decay rate reached up to 56.7% on the 7th day of storage; The Litchi fruit with BOPP packaging had a browning index of only 2.4, and a decay rate of 36.7% in the 28th day of storage, the water content in pericarp was kept higher than 63%, and the pericarp-related enzyme activity was relatively low. Moreover, the content of anthocyanin, the thickness of pericarp and part of nutrition indicators of the Litchi fruit with BOPP packaging were better than those with PP and PE packaging to different degrees. In conclusion, Litchi fruit with BOPP packaging showed better preserving effect in the low temperature environment.

KEY WORDS: litchi fruit; low temperature; film packaging; fruit preservation

收稿日期: 2015-03-12

基金项目: 国家荔枝龙眼现代农业产业技术体系建设专项(CARS-33-14); 广东省现代农业产业体系岭南水果创新团队建设专项(2009-356)

作者简介: 唐海尧(1989—), 男, 湖南东安人, 华南农业大学硕士生, 主攻农产品加工贮藏。

通讯作者: 庞学群(1968—), 女, 广东佛山人, 博士, 华南农业大学教授, 主要研究方向为果蔬采后生理与分子生物学。

荔枝是原产我国南方的亚热带水果,其在国内外水果市场的竞争力极强。荔枝采后贮运保鲜特别困难,主要由于荔枝果实的果皮结构特殊,极易失水,而失水被认为是导致果皮褐变的重要原因。此外,荔枝采收期集中在炎热的夏天,采后也容易腐烂变质^[1]。目前,荔枝的保鲜以化学防腐剂保鲜处理后辅以薄膜包装为主,最常用的包装材料是聚乙烯薄膜(PE)袋和聚丙烯薄膜(PP)袋。合适的包装可以形成一个自发气调环境,并抑制荔枝果实水分的散失^[2]。由于不适当的薄膜包装容易导致袋内湿度过高,袋壁易积水,与水珠接触的荔枝果皮易褐变和腐烂,因此筛选适当的包装材料对于提高荔枝果实的保鲜效果显得十分必要。透明度高、拉伸强度高、无色、无味、无毒、冲击强度高都是双向拉伸聚丙烯(BOPP)薄膜的特点^[3],可在食品、医药、服装、化工等领域广泛应用,是近年来发展较快的一种包装材料,比如,BOPP薄膜包装冷热食品时能防止水雾的产生,在食品保鲜时减少腐烂的发生^[4]。有研究发现BOPP包装能显著降低蘑菇的发病率,延缓蘑菇软化^[5],Serkan Kartal等^[6]发现BOPP包装也能延长草莓的保鲜期。目前,国内在杏鲍菇贮藏保鲜上已有一定的研究^[7],对采后荔枝果实的保鲜效果如何尚未见报导。文中用PE,PP和BOPP等3种材料的薄膜袋包装荔枝果实,放置在温度为4℃、相对湿度为66.6%的环境下贮藏,并比较3种材料包装对于荔枝果实保鲜效果的影响。

1 材料与方法

1.1 材料处理

以广州从化的“怀枝”品种荔枝作为实验材料,挑选色泽、成熟度大体相当,无机械损伤、无病害和无虫害的果实。用质量分数为0.1%的漂白粉溶液浸泡2 min,再用质量分数为0.1%的咪鲜胺溶液浸泡2 min,置于阴凉处待水沥干。分别采用单侧厚度为0.02 mm的聚乙烯(PE)、聚丙烯(PP)和双向拉伸聚丙烯(BOPP)等3种材料的薄膜袋进行封口包装(每袋包装约1 kg,设5个重复实验),以不包装的作为对照,置于温度为4℃、相对湿度为66.6%的冷库中,每7 d取样观察并测定相关生理数据。

1.2 各生理指标的测定

1.2.1 外观与色泽相关指标的测定

果皮褐变程度评价参照 Zhang 等^[8]的方法确定褐

变级数,以30个以上荔枝果实为基数,褐变指数= Σ (褐变级数×果数)/总果数,其中:无褐变为1级果;表面约25%发生褐变为2级果;表面约50%发生褐变为3级果;表面约75%发生褐变为4级果;果皮表面超过75%发生褐变为全褐变,即5级果。

果皮色度 a^* 值的测定参照 Mcguire^[9]的方法,挑选褐变程度相当的果实10个,每个果测定3个点取平均值,采用日产 MinoltaCR-300全自动测色色差计测定颜色 a^* 值,D65标准光源(色温为6504 K的正常日光,包括紫外线波长区),利用白板为标准进行颜色校正。

果皮花色苷含量参照张昭其等^[10]的方法,用圆形打孔器将荔枝果皮打成若干个直径为7 mm的圆片,用体积分数为0.5%的HCl浸提10个果皮圆片,每天5 mL,浸提3 d至无红色,将浸提溶液取出并定容至15 mL,过滤得提取液,用pH差示法测定提取液中花色苷含量。因贮藏过程中存在果皮失水现象,以单位果皮面积的果皮花色苷含量(mg/cm^2)表示花色苷含量。

1.2.2 果皮厚度和含水率的测定

测定果皮厚度时,随机取10个果,剥皮,立即用游标卡尺测定其果皮厚度,计算其平均值。测定果皮含水率时,先称取约2 g新鲜果皮,记为 $m_{\text{鲜}}$,置于64℃烘箱中烘至恒重,称干重记为 $m_{\text{干}}$,果皮含水率= $(m_{\text{鲜}}-m_{\text{干}})/m_{\text{鲜}} \times 100\%$ 。

1.2.3 果皮褐变相关酶活性的测定

提取粗酶时,取-80℃保存的荔枝果皮2 g,加入液氮,敲碎后加入0.1 g PVPP一起研磨成粉末,加入6 mL含60 μL 蛋白酶抑制剂的磷酸缓冲液(0.05 mol/L, pH值为7.0),剧烈振荡提取1 min,置于温度为4℃的条件下,以转速10 000 r/min离心25 min,取上清液并过滤。

参照陈建勋和王晓峰等^[11]的方法测定果皮PPO活力,取2.7 mL磷酸缓冲液(0.05 mol/L, pH 7.0),加入0.1 mL 10 mmol/L的4-甲基邻苯二酚,加粗酶液0.2 mL启动反应,测定398 nm处吸光度的变化,定义每克新鲜果肉组织每分钟在398 nm处的吸光度增加0.01作为一个酶活性单位(U)。

测定POD活力参考陈建勋和王晓峰等^[11]的方法,取2.75 mL磷酸缓冲液(0.05 mol/L, pH 7.0),加入0.1 mL体积分数为4.0%的过饱和愈创木酚,0.1 mL质量分数为0.46%的过氧化氢,添加粗酶液0.05 mL启动反应,测定470 nm处吸光度的变化,定义每克新鲜果肉组织每分钟在470 nm处的吸光度增加0.01作为一个酶活性单位(U)。

测定漆酶活力参照 Floch 等的方法^[12],取 2.35 mL MUB 缓冲液(pH 4.0),加入 0.6 mL ABTS (20 mmol/L),加入 0.05 mL 酶液启动反应,测定 420 nm 处吸光度的变化。

测定花色素苷降解酶活力参考 Zhang 等^[8]的方法,用体积分数为 1%的 HCl 多次浸提新鲜荔枝果皮,得到花色素苷粗提液,经 Amberlite XAD-7 树脂柱层析纯化,再用减压旋转蒸发仪除去甲醇,得到花色素苷浓缩液,用 0.4 mol/L 的乙酸-乙酸钠缓冲液(pH 4.0)将浓缩液稀释至 0.02 mmol/L 的花色素苷底物。在 40 ℃ 下,将 100 μ L 粗酶液加入 2 mL 上述底物,反应 10 min,后加入 2 mL 体积分数为 1%的盐酸-甲醇终止反应。以 100 μ L 沸水浴灭活的酶液为对照,测定 A_{530} 。

利用 A_{530} (灭活酶) - A_{530} (活酶) 计算降解的花色素苷的摩尔浓度,以每小时花色素苷的量作为酶单位。

1.2.4 果实衰老腐烂相关指标的测定

测定腐烂率时,随机取 30 个果实,记录腐烂个数,腐烂率=腐烂个数/总个数 $\times$ 100%。

测定相对电导率时参照张昭其等^[10]的方法。用直径为 1 cm 的打孔器取 10 个果皮圆片,用双蒸水清洗后,用纸巾吸干,加入装有 20 mL 双蒸水的离心管中(温度为 20 ℃,转速为 50 r/min)平衡 2 h,用 DDS-II A 型电导仪测电导率 R_1 。将离心管放入微波炉中水浴

加热至管内水沸腾,冷却到 20 ℃,再测量 R_2 。计算果皮的相对电导率= $R_1/R_2 \times 100\%$ 。

测定 CO_2 生成量参照张长峰等^[13]的方法,每次固定取 10 个荔枝果实,置于 600 mL 密封罐中密闭 2 h,用一次性注射器抽取罐内顶部气体 1 mL,采用日立(日本)GC-3900 型气相色谱仪测定气样中 CO_2 浓度的变化,计算 CO_2 生成量。使用 Molecular sieve 5A 和 Porapak Q 同心双层柱:柱温为 60 ℃,以 He 为载气,进样口温度为 120 ℃,TCD 热导检测器温度为 120 ℃,载气流速为 30 mL/min)。每个处理组做 3 个重复实验,每个重复实验测 3 次。

1.2.5 果肉品质指标的测定

以手持式测糖仪测定果肉可溶性固形物(TSS)含量。参考曹建康等^[14]的方法测定可滴定酸含量,以氢氧化钠溶液滴定法测定。参照曹建康等^[14]的方法测定抗坏血酸(VC)含量,以 2,6-二氯酚靛酚滴定法测定。

2 结果与分析

2.1 不同材料薄膜包装对果皮褐变指数、色度 a^* 值、花色素苷含量的影响

从图 1 可以看出,荔枝果实在无包装情况下迅速褐变,第 7 天时褐变指数超过 4.5,且色度 a^* 值和果皮

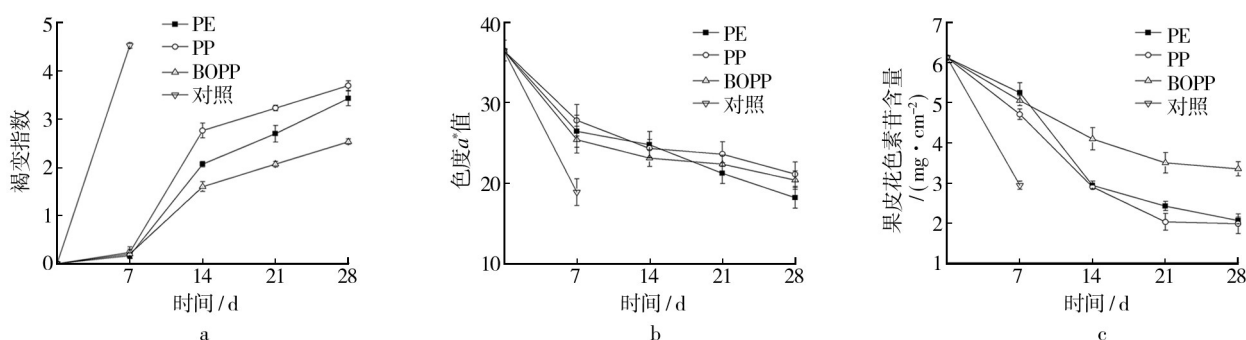


图 1 不同薄膜包装对荔枝果皮褐变指数、色度 a^* 值、果皮花色素苷含量的变化

Fig.1 Changes in pericarp browning index, chrominance a^* and anthocyanin content in the Litchi fruit packed by various films

花色素苷含量均比 3 个包装处理的低;BOPP 包装处理的荔枝果实在 28 d 时褐变指数仅为 2.5,果皮花色素苷含量下降幅度最小,且维持在 $3.3 \text{ mg}/\text{cm}^2$ 以上,比 PE 和 PP 包装的效果好;各包装色度 a^* 值的差异不大,贮藏结束时 PE 处理的值最低。

2.2 不同材料薄膜包装对果皮厚度、果皮含水率的影响

图 2 表明荔枝果实在贮藏过程中,果皮厚度和果皮含水率均呈下降趋势。荔枝果皮在无包装情况

下,失水最严重;BOPP 包装处理的荔枝果皮失水最慢,其果皮厚度最大,且含水率始终维持在 63% 以上;3 个处理组的荔枝果皮厚度在贮藏后期出现差异,BOPP 包装处理的果皮厚度大于另外的 2 种包装处理。

2.3 不同材料薄膜包装对果皮 POD、PPO、花色素苷降解酶、漆酶活性的影响

图 3 表明,随着贮藏时间的延长,4 种酶的活性均

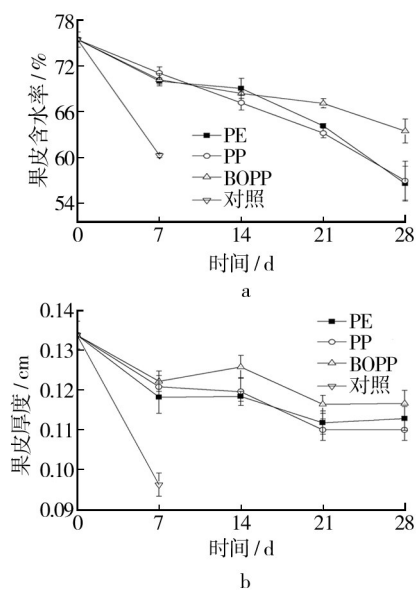


图2 不同薄膜包装对荔枝果皮厚度、果皮含水率的变化
Fig.2 Changes in pericarp thickness and water content of the Litchi fruit packed by various films

呈上升趋势。POD酶活性在14 d后急剧上升,在第28天出现差异,PP包装处理的POD活性最高,达751.6 U/mg;贮藏结束时PP包装处理的PPO酶活性最高,达2.79 U/mg,BOPP包装处理的活性最低,为2.64 U/mg;PE包装处理的果皮花色苷降解酶活性在前21 d相对最高,28 d时BOPP包装处理的果皮花色苷降解酶活性最小;漆酶活性在贮藏前21 d变化不大,贮藏结束时PP包装处理的果皮漆酶活性最高,表明BOPP包装在一定程度上延缓了与果皮花色苷降解相关酶活性的提高,有助于延缓果皮褐变。

2.4 不同材料薄膜包装对果实腐烂率、果皮相对电导率、CO₂生成量的影响

从图4可以看出,在贮藏前7 d每个包装处理组的CO₂生成量都剧烈下降,之后趋于平缓,3个处理组之间基本无差异;无包装处理组的果实腐烂率在第7天

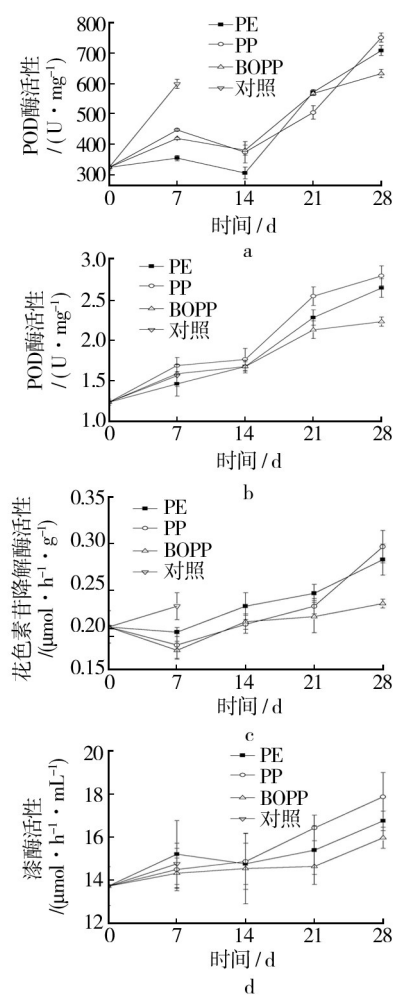


图3 不同薄膜包装对荔枝果皮POD、PPO、花色苷降解酶、漆酶活性变化的影响
Fig.3 Changes in the pericarp activities of peroxidase, polyphenol oxidase, anthocyanin degradation enzyme and laccase in the Litchi fruit packed by various films

时达到56.7%,基本失去食用价值;在第28天时,PP包装处理组的果实腐烂率超过63.3%,而PE处理组的腐烂率为43.3%,BOPP处理组的腐烂率仅为36.7%;果皮相对电导率呈上升趋势,无包装处理组的果皮相对电导率在第7天时超过20%,远高于同时间的3个包

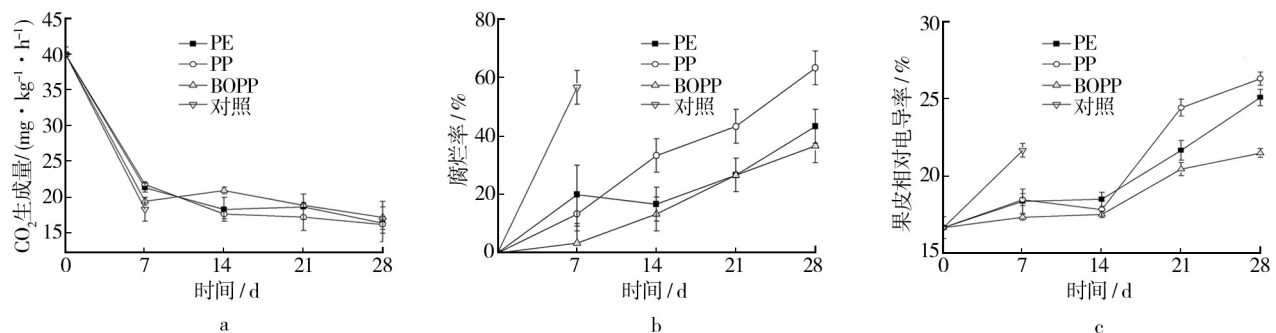


图4 不同薄膜包装对荔枝果实腐烂率、果皮相对电导率、CO₂生成量变化的影响
Fig.4 Changes in the decay rate, pericarp relative conductivity and CO₂ production in the Litchi fruit packed by various films

装处理组。贮藏前14 d,3个包装处理组的果皮相对电导率上升幅度很小,且基本无差异,之后加速上升,在第21天时出现差异,BOPP包装处理组的果皮相对电导率最小,仅为21.5%,可见BOPP包装有助于延缓果实衰老和减少果实腐烂率。

2.5 不同材料薄膜包装对可溶性固形物、VC、可滴定酸含量的影响

图5表明在整个贮藏过程中,果肉TA、VC和可溶性固形物等3种营养成分的含量均呈下降趋势。PE包装处理组的果肉可滴定酸含量在贮藏前14 d下降幅度最大,第14天时下降到0.14%,贮藏结束时3个包装处理组的差异缩小;PP包装处理的VC值略低于其他处理组,3个包装处理组的差异微小;BOPP包装处理组的可溶性固形物含量略高于其他处理组。

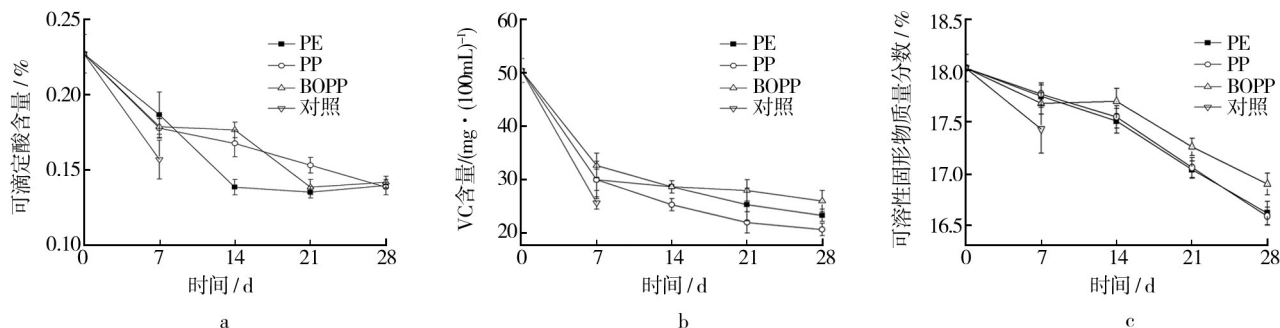


图5 不同薄膜包装对荔枝果肉可溶性固形物、VC、可滴定酸含量变化的影响

Fig.5 Changes in the contents of soluble solid, VC and titratable acid in the Litchi fruit packed by various films

外观和商业价值的目的。现阶段荔枝果实包装应用得最广的包装材料有PE和PP等2种,与对照相比,PE和PP薄膜袋包装均能大大延长荔枝果实的保鲜期,但其存在的主要问题是容易导致袋壁积水,与水珠接触的荔枝果皮易褐变和腐烂,而从实验过程看,BOPP薄膜表面不易形成水珠,会减少荔枝果皮褐变的发生。从文中的研究结果来看,BOPP比常用的PP和PE更适宜作为采后荔枝果实的保鲜包装材料,BOPP包装能更好地抑制荔枝果皮褐变、延缓果皮褐变相关酶的活性提高,也保持了果实的内在品质,而且果实的腐烂率也较低。

4 结语

BOPP薄膜包装处理能使荔枝果实保持较理想的贮藏效果,这为今后荔枝保鲜包装材料的使用提供了另一种选择,其包装的最佳厚度以及贮藏最适宜温度还有待进一步探索。

3 讨论

荔枝果皮的迅速褐变是影响其贮运保鲜和销售最关键的问题。通常采收后在常温下放置1~2 d,果皮即迅速褐变,失去商品价值,其果皮褐变速度之快,在其他水果中极为罕见^[1]。目前的研究普遍认为果皮失水是导致其果皮褐变的早期事件,是引起果皮褐变的关键因子。失水导致果皮细胞内区域化丧失、色素聚合和酶促褐变的发生,而失水量与果皮褐变、果皮相对电导率等生理指标有着显著或是极显著正的相关^[15]。采后合适的低温贮藏和适当的包装材料,对于延长荔枝保鲜时间有着重要意义,包装有助于形成自发气调,从而抑制荔枝果皮失水和延缓褐变,提高耐贮性能,延长果实的货架期,达到保持

参考文献:

- [1] 庞学群,张昭其. 荔枝果皮褐变机理与防褐技术[J]. 食品科学,2001(1):94—97.
- [2] 周晓媛,蔡佑星,蒋建平,等. 荔枝的薄膜包装保鲜技术[J]. 包装工程,2004,25(2):49—50.
- [3] 冯文静,杜春华. 我国BOPP薄膜生产现状及发展趋势[J]. 石油化工技术与经济,2013(1):31—33.
- [4] WANG R X. Research on the Influencing Factors on the Structure Performance of Heating BOPP Film[D]. Wuxi:

(下转第32页)

- [10] DB31/T 388—2007, 食品冷链物流技术与管理规范[S].
DB31/T 388—2007, Technology and Management Specification for Cold Chain Logistics[S].
- [11] 李文生, 王宝刚, 冯晓元, 等. 利用气调箱保鲜樱桃的初步研究[J]. 食品科技, 2011, 36(2): 24—30.
LI Wen-sheng, WANG Bao-gang, FENG Xiao-yuan, et al. Study on Storage of Sweet Cherry Fruit by Auto-controlling Atmosphere Box[J]. Food Science and Technology, 2011, 36(2): 24—30.
- [12] 王宝刚, 侯玉茹, 李文生, 等. 自动自发气调箱贮藏对甜樱桃品质及抗氧化酶的影响[J]. 农业机械学报, 2013, 44(1): 137—141.
WANG Bao-gang, HOU Yu-ru, LI Wen-sheng, et al. Effects of Auto-MA Box on Qualities and Antioxidative Enzymes in Sweet Cherry Fruit during Storage[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2013, 44(1): 137—141.
- [13] 王宝刚, 李文生, 侯玉茹, 等. 甜樱桃物流及气调贮藏期间品质变化[J]. 果树学报, 2014, 31(5): 953—958.
WANG Bao-gang, LI Wen-sheng, HOU Yu-ru, et al. Changes of Sweet Cherry Quality during Logistics and CA Box Storage[J]. Journal of Fruit Science, 2014, 31(5): 953—958.
- [14] 钟耀广, 朱蓓薇. 樱桃果实采后生理及保鲜研究[J]. 北方园艺, 2004(2): 67—68.
ZHONG Yao-guang, ZHU Bei-wei. Study on Postharvest Physiology and Storage of Cherry[J]. Northern Horticulture, 2004(2): 67—68.
- [15] 徐凌, 郝义, 郝树池, 等. 甜樱桃不同品种贮藏性的研究[J]. 北方果树, 2006(4): 19—20.
XU Ling, HAO Yi, HAO Shu-chi, et al. Study about Storage Quality of Various Sweet Cherry Cultivars[J]. Northern Fruits, 2006(4): 19—20.

(上接第27页)

- Jiangnan University, 2009.
- [5] JIANG T, ZHENG X, LI J, et al. Integrated Application of Nitric Oxide and Modified Atmosphere Packaging to Improve Quality Retention of Button Mushroom (*Agaricus Bisporus*) [J]. Food Chemistry, 2011, 126(4): 1693—1699.
- [6] KARTAL S, ADAY M S, CANER C. Use of Microperforated Films and Oxygen Scavengers to Maintain Storage Stability of Fresh Strawberries[J]. Postharvest Biology and Technology, 2012, 71: 32—40.
- [7] 刘鹏, 邢增涛, 邵毅, 等. 气调包装(MAP)对杏鲍菇子实体中游离糖的影响[J]. 上海农业学报, 2012(3): 37—41.
LIU Peng, XING Zeng-tao, SHAO Yi, et al. The Influence of Modified-atmosphere Packaging (MAP) on Free Sugars of *Pleurotus Eryngii* Fruiting Bodies[J]. Acta Agriculturae Shanghai, 2012(3): 37—41.
- [8] ZHANG Z Q, PANG X Q, JI Z L, et al. Roles of Anthocyanin Degradation in Litchi Pericarp Browning[J]. Food Chemistry, 2001, 75(2): 217—221.
- [9] MCGUIRE R G. Reporting of Objective Color Measurements [J]. Horticultural Science, 1992, 27: 1254—1255.
- [10] 张昭其, 庞学群, 段学武, 等. 荔枝果皮花色苷含量与果皮褐变的关系[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.
- [11] 陈建勋. 植物生理学实验指导[M]. 广州: 华南理工大学出版社, 2006.
CHEN Jian-xun. Experimental Guide for Plant Physiology[M]. Guangzhou: South China University of Technology Press, 2006.
- [12] 张长峰, 徐步前. 薄膜包装中果蔬呼吸强度的两种测定方法之比较研究[J]. 食品科学, 2003, 24(4): 149—152.
ZHANG Chang-feng, XU Bu-qian. Compare and Research Two Methods of Respiration Rate of Fruits and Vegetables in Modified Atmosphere Packaging[J]. Food Science. 2003, 24(4): 149—152.
- [13] FLOCH C, ALARCON-GUTIERREZ E, CRIQUET S. ABTS Assay of Phenol Oxidase Activity in Soil[J]. J Microbiol Methods. 2007, 71(3): 319—324.
- [14] 曹建康, 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. Experiment Guidance of Postharvest Physiology and Biochemistry of Fruits and Vegetables[M]. Beijing: China Light Industry Press, 2007.
- [15] 邓义才, 朱慧英, 李安妮. 荔枝果皮褐变与果实水分、呼吸变化的关系[J]. 广东农业科学, 1994(5): 17—19.
DENG Yi-cai, ZHU Hui-ying, LI An-ni. The Relation Between Peel and Water or Respiration Rate of Litchi[J]. Guangdong Agricultural Science, 1994(5): 17—19.