

自发气调包装对青皮核桃采后生理及品质的影响

郭园园¹, 鲁晓翔^{1,*}, 李江阔², 陈绍慧², 张 鹏²

(1.天津商业大学生物技术与食品科学学院, 天津市食品生物技术重点实验室, 天津 300134;

2.国家农产品保鲜工程技术研究中心(天津), 天津市农产品采后生理与贮藏保鲜重点实验室, 天津 300384)

摘要:以青皮核桃为试材, 研究了采用不同厚度的聚乙烯 (polyethylene, PE) 袋自发气调包装方式, 在冷藏 (0.0 ± 0.5) °C 期间采后生理及品质的变化规律。结果表明: PE 袋包装处理可有效降低果实霉腐率, 延缓劣变进程, 保持青皮核桃的原有水分和色泽, 有效抑制酸价的升高, 提高青皮核桃仁过氧化氢酶的活性, 并使多酚氧化酶和脂氧合酶活性维持在较低的水平, 使青皮核桃的贮藏期延长到90 d。厚度为40 μm的PE 袋包装处理达到了最好的保鲜效果。

关键词:青皮核桃; 自发气调包装; 生理代谢; 品质

Effects of Film Packaging Treatments on Physiological Metabolism and Quality of Postharvest Green Walnuts

GUO Yuan-yuan¹, LU Xiao-xiang^{1,*}, LI Jiang-kuo², CHEN Shao-hui², ZHANG Peng²

(1. Tianjin Key Laboratory of Food Biotechnology, College of Biotechnology and Food Science, Tianjin University of Commerce, Tianjin 300134, China; 2. Tianjin Key Laboratory of Postharvest Physiology and Storage of Agricultural Products, National Engineering and Technology Research Center for Preservation of Agricultural Products (Tianjin), Tianjin 300384, China)

Abstract: The effects of modified atmosphere packaging (MAP) with polyethylene (PE) bags of different thicknesses on physiology of green walnuts during cold storage temperature (0.0 ± 0.5) °C were investigated. The results showed that MAP packaging with PE effectively reduced the incidence of mould decay, delayed fruit deterioration, maintained the original moisture content and the original color of green walnuts, inhibited the increase of acid value and increased the activity of catalase (CAT). The activities of polyphenoloxidase (PPO) and lipoxygenase (LOX) were also maintained at a lower level. The treatments of PE packaging could extend the storage life to up to 90 days. Packaging with 40 μm thick PE could provide the best preservation of green walnuts.

Key words: green walnuts; modified atmosphere packaging (MAP); physiological metabolism; quality

中图分类号: TS255.1

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630 (2014) 04-0205-05

doi:10.7506/spkx1002-6630-201404042

核桃 (*Juglans regia* L.) 又称胡桃、羌桃。核桃种仁富含蛋白质、磷脂、维生素、矿物质及人体必需的不饱和脂肪酸等营养物质, 能够滋养脑细胞, 降低血液黏稠度, 有清除自由基、抗衰老作用, 抑制机体的脂质过氧化反应^[1]。20世纪90年代以来, 鲜食核桃因其营养丰富、口感良好以及相对较低的脂肪含量等, 在国内外越来越受到人们的喜爱^[2]。

自发气调包装 (modified atmosphere packaging, MAP) 是依靠果实自身呼吸代谢降低O₂和提高CO₂, 达到抑制自身呼吸代谢和延缓衰老的目的, 由于其简单、节能和实用, 在我国果品保鲜领域占有比较重要的地位^[3-4]。马惠玲等^[5]研究表明, 青皮核桃为呼吸跃变型果实, 自发气

调包装能够增强保水能力, 有效降低核桃青果的呼吸强度和乙烯生成速率, 降低腐烂指数。本实验通过对青皮核桃进行不同厚度聚乙烯 (polyethylene, PE) 袋包装处理, 研究青皮核桃生理及品质变化, 以期为青皮核桃的贮藏保鲜提供新的技术方法和参数, 为生产提供理论依据。

1 材料与amp;方法

1.1 材料与试剂

青皮核桃: 2012年9月2日采自北京平谷核桃实验园基地。选取大小均匀、无机械损伤、无病虫害的青皮核桃供实验用。

收稿日期: 2013-06-25

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划项目 (2012BAD38B01); 天津市重点科技攻关项目 (11ZCKFNC01900)

作者简介: 郭园园 (1987—), 女, 硕士研究生, 研究方向为农产品加工与贮藏。E-mail: gyuan yuan1987@163.com

*通信作者: 鲁晓翔 (1962—), 女, 教授, 硕士, 研究方向为农产品加工与贮藏。E-mail: lxxiang@tjcu.edu.cn

保鲜膜由国家农产品保鲜工程技术研究中心（天津）提供。

三氯乙酸（分析纯）天津市江天化工技术有限公司；磷酸氢二钠、磷酸二氢钠、乙醚、乙醇（均为分析纯）天津市科威有限公司；邻苯二酚（分析纯）天津市光复精细化工研究所；聚乙烯吡咯烷酮（polyvinylpyrrolidone, PVP）、二硫苏糖醇（dithiothreitol, DTT）（均为分析纯）、亚油酸钠、TritionX-100（生化试剂）天津博美科生物技术有限公司。

1.2 仪器与设备

冷库 国家农产品保鲜工程技术研究中心（天津），库内温度为 $-0.5\sim 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；CW-700 d分光测色计柯尼卡美能达（中国）投资有限公司；TU-1810紫外-可见分光光度计 北京普析通用仪器有限责任公司；3-30 K高速离心机 德国Sigma实验室离心机公司；916 Ti-Touch电位滴定仪 瑞士万通中国有限公司。

1.3 方法

1.3.1 材料处理

将选取的青皮核桃于 $(0.0\pm 0.5)\text{ }^{\circ}\text{C}$ 冷库中进行预冷处理，充分预冷24 h后，用微孔膜（厚度 $20\text{ }\mu\text{m}$ ）、厚度为 $40\text{、}50\text{ }\mu\text{m}$ 的PE膜分别包装处理，均制成大小为 $50\text{ cm}\times 55\text{ cm}$ 包装袋，每袋内装入 10 kg 果实，并将其装入纸箱。将处理后的各组果实放入冷库 $(0.0\pm 0.5)\text{ }^{\circ}\text{C}$ 中继续冷藏。各组依次表示为对照、SY1（ $40\text{ }\mu\text{m}$ ）、SY2（ $50\text{ }\mu\text{m}$ ）。冷藏期间每15 d测定1次各项指标，每个处理各进行3次重复测定。

1.3.2 测定指标

1.3.2.1 霉腐率

$$\text{霉腐率}/\% = \frac{\text{霉烂果个数}}{\text{调查总果数}} \times 100 \quad (1)$$

1.3.2.2 核桃仁含水量

参照张文涛等^[6]的方法，取碾碎的核桃仁 2.00 g 左右，在恒温干燥箱中 $85\text{ }^{\circ}\text{C}$ 温度烘4 h，冷却后称量。按式（2）计算含水量。

$$\text{含水量}M/\% = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} \times 100 \quad (2)$$

式中： m_0 为称量瓶的质量/g； m_1 为烘干前试样和称量瓶的质量/g； m_2 为烘干后试样和称量瓶的质量/g。

1.3.2.3 色差

随机取5个青皮核桃用分光测色计测定。测定时在果实对称的位置用记号笔标记，每隔15 d对标记点进行测定，并取平均值。 a^* 为负值，表示绿色。

1.3.3 酸价

按照GB/T 5530—2005《动植物油脂酸值和酸度测定》进行酸价测定。称取核桃仁浸泡出的均匀油脂 4 g 注入锥形瓶中，加入中性乙醚-乙醇混合溶剂 50 mL ，摇动使试样溶解，用电位滴定仪进行测定，记下消耗的碱液毫升数。酸价按式（3）计算：

$$\text{酸价}/(\text{mg/g}) = \frac{V \times c}{m} \times 56.1 \quad (3)$$

式中： V 为滴定消耗的氢氧化钾溶液体积/mL； c 为氢氧化钾溶液浓度/（mol/L）；56.1为氢氧化钾的毫克当量； m 为试样质量。

1.3.4 多酚氧化酶（polyphenoloxidase, PPO）

采用儿茶酚比色法^[7]：称取核桃仁冻样 3 g 于预冷的研钵中，加入适量 0.05 mol/L pH 7.8磷酸缓冲液（总用量 20 mL ），冰浴研磨成匀浆，于 $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下 $15\text{ }000\text{ r/min}$ 离心 10 min ，再取上清液于 $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下 $10\text{ }000\text{ r/min}$ 离心 10 min 。取 3 mL 上清酶液，然后加入 3.9 mL pH 7.8磷酸缓冲液， 1.0 mL 0.1 mol/L 儿茶酚，于 $37\text{ }^{\circ}\text{C}$ 水浴保温 10 min ，迅速放入冰浴中，立即加入 2 mL 20% 三氯乙酸终止反应，于 420 nm 波长处测其吸光度，以磷酸缓冲液代替酶液为对照调零。

1.3.5 过氧化氢酶（catalase, CAT）

采用紫外吸收法^[8]：称取核桃仁冻样 0.2 g 于预冷的研钵中，加入 20 mL 预冷后的pH 7.5、 0.05 mol/L 的磷酸缓冲液（内含 0.005 mol/L 二硫苏糖醇和 2% PVP，在冰浴中研磨成匀浆，于 $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下 $15\text{ }000\text{ r/min}$ 离心 20 min ，取 0.05 mL 粗酶液，加入 3 mL 0.02 mol/L H_2O_2 后，在 240 nm 波长处测定2 min内样品的吸光度变化。

1.3.6 脂氧合酶（lipoxygenase, LOX）

参考陈昆松等^[9]的方法测定。称取核桃仁冻样 1.0 g ，冰浴研磨，加入 0.05 mol/L 磷酸缓冲液（pH 7.0），并使最终体积为 20 mL ，于 $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下 $15\text{ }000\text{ r/min}$ 离心 30 min ，上清液为LOX的提取液。加入 10 mmol/L 的亚油酸钠 $25\text{ }\mu\text{L}$ ，pH 7.0磷酸缓冲液 2.775 mL 。在 $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下温育，加 $200\text{ }\mu\text{L}$ 酶液后20 s开始计时，记录 234 nm 波长处测定1 min内吸光度，重复3次。

1.4 数据处理

所有数据采用Excel 2003软件处理，并采用SPSS 16.0软件的新复极差法（Duncan）进行方差分析（ $P=0.05$ ）和多重比较。

2 结果与分析

2.1 自发气调包装对霉腐率的影响

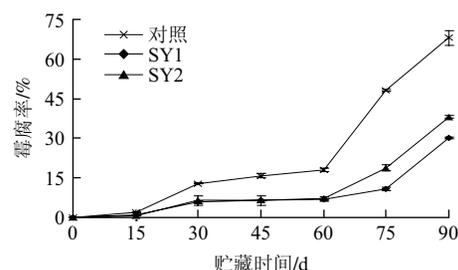


图1 自发气调包装对青皮核桃霉腐率的影响

Fig.1 Effect of MAP on the incidence of mould decay in green walnuts

图1表明, 各组青皮核桃的霉腐率随贮藏期的延长而增加。贮藏15 d时, 对照和处理组霉腐率均较低且差异不显著, 从贮藏30 d开始, 对照的青皮核桃霉腐率显著 ($P<0.05$) 高于处理组, 并在贮藏60 d时霉腐率迅速增加而各处理组在75 d时霉腐率才大幅增加, 可见处理组延缓了青皮核桃迅速腐烂霉变的时间。在贮藏75 d时, 对照的霉腐率极显著 ($P<0.01$) 高于SY1、SY2, 其值达到48.18%, 果实严重腐烂、发霉, 已失去商品价值; 而此时SY2的霉腐率 (18.69%) 显著 ($P<0.05$) 高于SY1 (10.87%)。由此可知, PE袋包装处理可以有效延缓青皮核桃的霉变速率, 厚度为40 μm 的PE膜包装处理能更好地保持青皮核桃的品质。

2.2 自发气调包装对含水量的影响

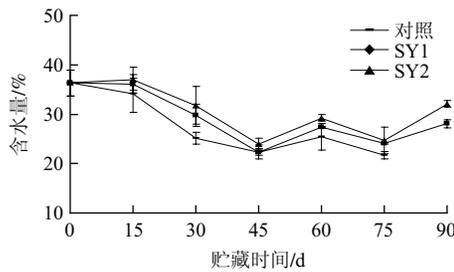


图2 自发气调包装对青皮核桃仁含水量的影响
Fig.2 Effect of MAP on moisture content of green walnuts

含水量是影响青皮核桃仁贮藏品质的一个重要因素^[10]。含水量越高核仁的味道越清新, 口感越好。图2所示, 各组的青皮核桃仁含水量均呈现先降后增的趋势。各组在贮藏后期含水量有增加趋势, 可能是由于果实品质下降造成水分暂时性增加, 从而加速果实氧化劣变的进程。各组在贮藏初期, 含水量迅速下降。在贮藏30 d时, 对照组的含水量仅为25.16%, 低于各处理组 (31.79%、29.84%), 至贮藏后期, 各组青皮核桃仁含水量变化呈波浪式下降。贮藏90 d, SY1的含水量 (32.08%) 显著 ($P<0.05$) 高于SY2 (28.05%)。在整个贮藏期间, 对照的青皮核桃仁含水量低于处理组, 但并无显著性 ($P>0.05$) 差异, 可见, 薄膜包装能够保持青皮核桃仁原有的水分。在处理组中, SY1的核仁含水量最高, 由此可知, 厚度为40 μm 的PE膜包装处理能有效地保持青皮核桃仁的水分和品质。

2.3 自发气调包装对色差的影响

青皮核桃果皮色泽是评价其外观品质的重要指标。通常, 青皮核桃的果皮在贮藏开始时为绿色, 随着贮藏时间的延长, 果皮逐渐变黄, 最后变为黑褐色。本实验以色差计对青皮核桃的果皮色泽变化进行跟踪监测, 其中 a^* 正值表示偏红, 负值表示偏绿。 a^* 值越小则表明颜色越绿。

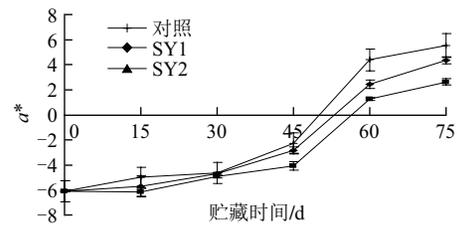


图3 自发气调包装对青皮核桃 a^* 值的影响
Fig.3 Effect of MAP on a^* of green walnuts

由图3可见, 各组 a^* 随着贮藏时间的延长均呈上升趋势, 但各组青皮核桃的 a^* 值在贮藏前期差异并不明显。从贮藏45 d各组 a^* 值大幅增加, 至贮藏60 d, 各组青皮核桃的 a^* 变化趋于缓慢。在整个贮藏过程中, 各组 a^* 的大小顺序为对照>SY2>SY1, 但对照与SY2二组的 a^* 值并无明显差异, 但对照的 a^* 值显著 ($P<0.05$) 高于SY1, 由此可知, 与对照组相比, 自发气调贮藏能够使青皮核桃 a^* 处于较低水平; SY1、SY2之间的 a^* 值至贮藏75 d才有显著 ($P<0.05$) 差异。可见, 厚度为40 μm 的PE膜包装处理的保色效果最好。

2.4 自发气调包装对酸价的影响

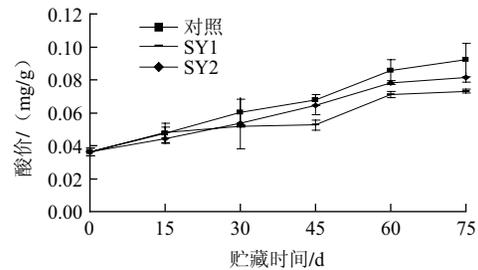


图4 自发气调包装对青皮核桃仁酸价的影响
Fig.4 Effect of MAP on acid value of green walnuts

从图4可知, 各组核桃仁的酸价均随着贮藏时间的延长而升高, 可能由于青皮核桃品质不断下降造成核仁中油脂的酸败。在贮藏初期各组的酸价差异并不明显。在贮藏45 d, SY1的酸价为0.052 mg/g, 显著 ($P<0.05$) 低于对照 (0.068 mg/g)。从贮藏60 d至贮藏结束, SY1的酸价均显著 ($P<0.05$) 低于SY2。在整个贮藏期中, 对照的酸价均高于处理组, 可见, 自发气调贮藏能够抑制核仁中油脂的水解作用, 一定程度上抑制游离脂肪酸的生成; SY2酸价高于SY1, 由此可知, 厚度为40 μm 的PE膜包装处理能够有效地保持青皮核桃仁的原有品质, 延缓油脂酸败。

2.5 自发气调包装对PPO活性的影响

PPO是存在于植物体内与抵抗病原微生物浸染有关的酶^[11]。PPO在酶促褐变中起重要作用, PPO含量增加能够氧化酚类物质造成酶促褐变, 降低酚类物质的抗氧化能力^[12]。

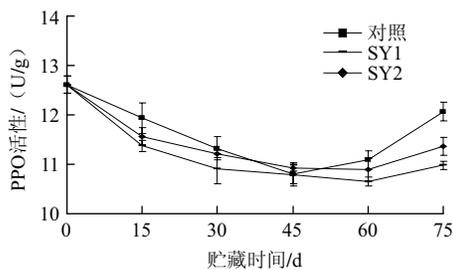


图5 自发气调包装对青皮核桃仁PPO活性的影响
Fig.5 Effect of MAP on PPO activity of green walnuts

从图5可见,各个组的PPO活性变化趋势均为先降后增。贮藏初期青皮核桃的PPO活性均下降,可能是低温环境降低果实的代谢速率,抑制了褐变发生;而后可能是由于青皮核桃品质下降造成核仁迅速衰老。在贮藏45 d,对照的PPO活性达到最小值,其值为10.80 U/g。而处理组在贮藏60 d时出现了PPO活性最小值,由此可知,自发气调贮藏能够延缓PPO活性最小值的出现时间,从而延缓果实的衰老。在贮藏75 d时,对照的PPO活性(12.07 U/g)显著($P < 0.05$)高于处理组(10.98、11.37 U/g)。在整个贮藏过程中,SY2的PPO活性均高于SY1,但差异并不显著。可见自发气调能够降低PPO活性,抑制果实褐变。其中,厚度为40 μm 的PE膜包装处理的PPO活性最低。

2.6 自发气调包装对CAT活性的影响

CAT属于抗氧化酶,能及时清除活性氧,CAT在木质素生物合成的最后一步反应过程中催化 H_2O_2 分解而发挥作用^[13],有效延缓果实衰老。

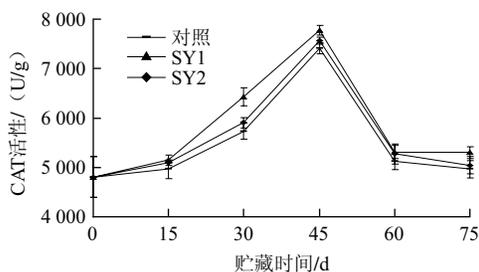


图6 自发气调包装对青皮核桃仁过氧化氢酶(CAT)活性的影响
Fig.6 Effect of MAP on CAT activity of green walnuts

如图6显示,各组的CAT活性均呈先增后降的趋势,为单峰曲线。贮藏初期CAT活性增大可能是低温环境增强了青皮核桃抗氧化能力;之后CAT活性下降可能由于青皮核桃品质急剧下降所致。在贮藏45 d时各组均出现了峰值,且以SY1的CAT活性最高,其值为7771.57 U/g。在整个贮藏期间,青皮核桃的CAT酶活性大小顺序为SY1>SY2>对照。不同厚度的薄膜包装对于青皮核桃仁的CAT活性的影响没有明显的差异($P > 0.05$)。这说明,不同厚度保鲜袋内 CO_2 浓度的差别,对于在增强果实抗氧化能力方面影响并不明显。

2.7 自发气调包装对LOX活性的影响

LOX以细胞膜释放的游离脂肪酸为底物,催化形成氢过氧化物、自由基和茉莉酸等促进衰老的物质,故其直接或间接地参与组织的衰老进程^[14]。

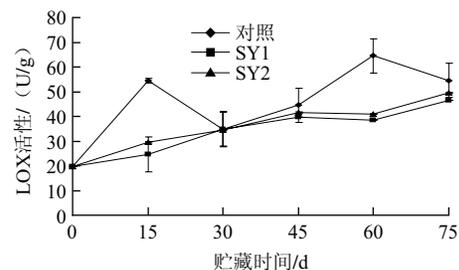


图7 自发气调包装对青皮核桃仁LOX活性的影响
Fig.7 Effect of MAP on LOX activity of green walnuts

如图7所示,各组的LOX活性均为先增后降的趋势,对照的LOX活性变化趋势为双峰曲线,而处理组则呈单峰曲线。从贮藏开始,对照的LOX活性迅速增大,果实衰老速度加快,在贮藏15 d出现第一个峰值(54.51 U/g),显著($P < 0.05$)高于处理组;而各处理组增加缓慢,在贮藏45 d各处理组出现峰值,可见PE袋包装处理能延迟LOX活性高峰的出现。在贮藏60 d时,对照出现LOX活性的第二个峰值(64.48 U/g),显著($P < 0.05$)高于SY1(38.39 U/g)、SY2(41.02 U/g)。整个贮藏期间,对照的LOX活性高于处理组,可见PE袋包装处理能够抑制膜脂过氧化作用,减缓果实组织衰老。SY2的LOX比活力略高于SY1,可知,厚度为40 μm 的PE膜包装处理能抑制LOX的活性。

3 讨论

3.1 薄膜包装对青皮核桃品质的影响

青皮核桃采后呼吸旺盛,贮藏时极易腐烂,影响其市场供应期。因此,青皮核桃的保鲜技术亟待解决。薄膜包装依赖于膜材料高分子链热振动随机形成的间隙($< 1 \text{ nm}$),作为透过气体分子的通道^[15],使袋内的气体成分达到更适当的比例,从而抑制果实采后衰老,保持果实品质^[16-18]。本实验表明PE袋包装处理有效地降低果实霉腐率,延缓劣变进程,增强青皮核桃仁的保水能力,保持青皮核桃果皮的色泽,有效地抑制酸价的升高,延缓青皮核桃仁的酸败,这与马惠玲等^[5]的结果相似。本实验中厚度为40 μm 的PE膜包装气调效果优于厚度为50 μm 的PE膜包装,达到较理想的保鲜效果。

3.2 薄膜包装对青皮核桃仁PPO、CAT和LOX活性的调控

PPO、CAT、LOX与果实的成熟和衰老有着密切的关系^[19-20]。青皮核桃采后由于氧化作用不断加强,活性氧等自由基累积,品质缓慢下降,因此,通过调节酶活性

达到延缓果实衰老的效果在贮藏过程中是十分重要的。CAT是植物细胞内清除H₂O₂的关键酶,能延缓果实衰老,但本实验表明,不同厚度的薄膜包装对于青皮核桃仁的CAT活性的影响没有明显的差异;LOX与果实的成熟衰老密切相关,LOX启动膜脂过氧化作用,使膜磷脂不断水解,产生游离脂肪酸。研究表明,LOX在植物的生长、发育、成熟衰老以及机械伤害、病虫侵染等过程起调节作用^[21]。本实验表明,厚度为40 μm的PE膜包装处理使PPO和LOX活性维持在较低的水平,延缓果实中组织的褐变和膜脂氧化进程。因此,在贮藏90 d时,青皮核桃仁的口感仍清新。

4 结 论

PE袋自发气调包装处理有效降低果实霉腐率,保持青皮核桃的原有水分和色泽,有效抑制酸价的升高,诱导青皮核桃仁过氧化氢酶(CAT)的活性,降低多酚氧化酶(PPO)和脂氧合酶(LOX)活性,从而延缓果实衰老,厚度为40 μm的PE袋包装处理达到了最好的保鲜效果。

参考文献:

- [1] 徐华. 气调贮藏对生核桃仁及其加工品质的影响[D]. 南京: 南京农业大学, 2011.
- [2] 黄凯, 袁德保, 韩忠. 鲜食核桃贮藏中生理生化变化的研究[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(23): 9858-9860.
- [3] 李家政. 果蔬自发气调包装原理与应用[J]. 包装工程, 2011, 32(15): 33-38.
- [4] de REUCK K, SIVAKUMAR D, LISE K, et al. Integrated application of 1-methylcyclopropene and modified atmosphere packaging to improve quality retention of litchi cultivars during storage[J]. Postharvest Biology and Technology, 2009, 52(1): 71-77.
- [5] 马惠玲, 宋淑亚, 马艳萍, 等. 自发气调包装对核桃青果的保鲜效应[J]. 农业工程学报, 2012, 28(2): 262-267.
- [6] 张文涛, 蒋林惠, 陈琛, 等. 不同气调包装对核桃仁贮藏品质的影响[J]. 食品科学, 2012, 33(16): 297-301.
- [7] 朱广廉, 钟海文, 张爱琴, 等. 植物生理学实验[M]. 北京: 北京大学出版社, 1990: 37-40.
- [8] 李合生, 孙群, 赵世杰, 等. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000: 39-43.
- [9] 陈昆松, 徐昌杰, 徐文平, 等. 猕猴桃和桃果实脂氧合酶活性测定方法的建立[J]. 果蔬学报, 2003, 20(6): 436-438.
- [10] 杨剑婷, 郝利平. 关于引起核桃中油脂哈败因素的研究初探[J]. 山西农业大学学报, 2001, 21(3): 271-273.
- [11] AHL GOY P, FELIX G, MÉTRAUX J P, et al. Resistance to disease in the hybrid *Nicotiana glutinosa* × *Nicotiana debneyi* is associated with high constitutive levels of β-1,3-glucanase, chitinase, peroxidase and polyphenoloxidase[J]. Physiological and Molecular Plant Pathology, 1992, 41(1): 11-21.
- [12] 张平, 张鹏, 刘辉, 等. 不同低温处理对樱桃冷害发生的影响[J]. 食品科学, 2012, 33(12): 303-308.
- [13] QUIROGAA M, de FORCHETTIA S M, TALEISNIKA E, et al. Tomato root peroxidase isoenzymes: kinetic studies of the coniferyl alcohol peroxidase activity, immunological properties and role in response to salt stress[J]. Journal of Plant Physiology, 2001, 158(8): 1007-1013.
- [14] 许文平, 陈昆松, 徐昌杰, 等. 猴桃采后果实冷藏与货架期脂氧合酶活性和乙烯生成的变化[J]. 中国农业学报, 2003, 36(10): 1196-1201.
- [15] 边晓琳, 张艳芬, 冯莉, 等. 不同包装材料自发气调对冷藏金针菇活性氧代谢的影响[J]. 园艺学报, 2010, 37(11): 1851-1856.
- [16] COSTAB C, LUCERAB A, CONTE A, et al. Effects of passive and active modified atmosphere packaging conditions on ready-to-eat table grape[J]. Journal of Food Engineering, 2011, 102(2): 115-121.
- [17] LI Fujun, ZHANG Xinhua, SONG Baicheng, et al. Combined effects of 1-MCP and MAP on the fruit quality of pear (*Pyrus bretschneideri* Rehd cv. Laiyang) during cold storage[J]. Scientia Horticulturae, 2013, 167(17): 544-551.
- [18] CANDIRA E, OZDEMIRA A E, KAMILOGLUA O, et al. Modified atmosphere packaging and ethanol vapor to control decay of 'Red Globe' table grapes during storage[J]. Postharvest Biology and Technology, 2012, 63(1): 98-106.
- [19] MANGARAJ S, GOSWAMI T K. Modified atmosphere packaging-an ideal food preservation technique[J]. Journal of Food Science and Technology, 2009, 46(5): 399-410.
- [20] 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): 138-141.
- [21] 陈昆松, 张上隆. 脂氧合酶与果实的成熟衰老[J]. 园艺学报, 1998, 25(4): 338-344.