

苦豆子半乳甘露聚糖复合涂膜保鲜剂对黄樱桃常温贮藏效果的影响

叶文斌¹, 樊亮²

(1. 陇南师范高等专科学校生化系, 甘肃成县 742500) (2. 陇南师范高等专科学校数学系, 甘肃成县 742500)

摘要: 本实验以苦豆子半乳甘露聚糖为成膜基质, 添加适量的 CaCl_2 和柠檬酸为增塑剂, 以甘油为成膜助剂, 制备可食性复合膜。研究了常温(温度 25~28 °C, 相对湿度 68~75%) 下该复合涂膜保鲜剂对樱桃品质及其生理生化变化的影响。结果表明: 常温下苦豆子半乳甘露聚糖复合涂膜保鲜剂涂膜保鲜的樱桃与对照组相比, 果实裂果率、霉烂率、失重率明显降低, 抑制了果实的呼吸, 有机酸、Vc 等营养成分转化、流失的速度减慢, 有效的降低 MDA、花青素含量和相对电导率的升高, 使 PPO 和 POD 酶活性处于较低的水平, 延缓了果实的衰老, 从而延长了其货架期。

关键词: 豆子半乳甘露聚糖; 复合涂膜保鲜剂; 樱桃; 贮藏

文章编号: 1673-9078(2013)7-1591-1595

Preservation of *Prunus avium* L with a Compound Coating of at Room Temperature

YE Wen-bin¹, FAN Liang²

(1. Department of Biology and Chemistry, Longnan Normal College, Chengxian 742500, China)

(2. Department of Mathematics, Longnan Normal College, Chenxian 742500, China)

Abstract: In this study, the preservation effects of a compound coating of polysaccharide on *Prunus avium* L. at room temperature (25~28 °C) and relative humidity (68~75%) were investigated. The antistaling agent was made using *Sophora alopecuroides* bean galactomannan as the coating matrix. CaCl_2 and citric acid were used as film-forming additives and glycerin was added to improve the film flexibility. The results showed that the use of the compound coating obviously lowered the rotten rate, cracking fruit rate and weight loss rates of *Prunus avium* L. preserved, inhibited the respiration rate and the loss of total Vc and organic acids and other nutrients. The contents of MDA and anthocyanin, as well as the relative conductivity, were effectively increased, thus resulting in lower PPO and POD enzyme activities. Use of the compound coating of *Sophora alopecuroides* bean galactomannan may delay the senescence process during storage and extending the shelf life.

Key words: *Sophora alopecuroides* bean galactomannan; compound coating antistaling agent; *Prunus avium* L.; preservation

成县黄樱桃 (*Prunus avium* L.) 是陇南栽培面积较大的早熟高产特有樱桃品种, 因它皮薄多汁, 颜色金黄, 含糖量高, 很受消费者欢迎。由于樱桃呼吸强度大, 呼吸跃变明显, 果实极不易储存, 在贮运过程中容易腐烂、掉梗、褐变、品质变劣^[1]。近些年对樱桃保鲜与储存效果较为显著的方法有气调保鲜技术、物理辐射处理等方法, 延缓樱桃衰老和品质劣变, 提高保鲜效果^[2-4], 但耗资大、成本高, 难以普遍推广。而多糖类可食性膜是研究最早的包装膜, 能够阻止食品吸

收稿日期: 2013-03-02

基金项目: 国家星火计划 (2006EA780088), 广东省科技厅项目 (2007B080701046), 陇南师范高等专科学校重点科研项目 (2012LSZK01001)

作者简介: 叶文斌(1982-), 男, 讲师, 研究方向为天然产物化学、果蔬保鲜及可食用包装膜

水或失水, 防止食品氧化和串味, 调节生鲜食品的呼吸强度, 提高食品表面机械强度, 改善食品表现, 对食品包装和耐藏具有很好的功效, 这些优良的特性都可用于食品包装和果蔬的保鲜贮藏^[5-8]。苦豆子 (*Sophora alopecuroides* L.) 是豆科槐属的多年生草本植物, 是我国西北地区常用的一种中药材, 从种子胚乳中提取出的半乳甘露聚糖, 可作为增稠剂、稳定剂且具有降血糖、降血脂、减肥等功效, 近年来已引起了国内外研究人员的广泛关注^[9]。本文以苦豆子半乳甘露聚糖复配胶为基质, 添加甘油、 CaCl_2 和柠檬酸等成膜助剂, 制备可食复合膜, 在常温下对黄樱桃进行涂膜贮藏, 通过测定感官指标和有机酸、花青素、Vc、可溶性固形物等品质指标以及呼吸强度、丙二醛 (MDA) 和多酚氧化酶 (PPO)、过氧化物酶 (POD)

活性等生理生化指标, 研究该可食复合膜对黄樱桃的保鲜效果, 开发天然、经济、安全的保鲜与包装方法探索投资少和易于推广的樱桃常温保鲜的新技术具有重要的意义。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

黄樱桃 (*Prunus avium* L.): 采自甘肃省成县支旗樱桃园, 挑选大小均匀成熟度相同, 无机械损伤, 颜色鲜艳, 无病虫害的果实。苦豆子半乳甘露聚糖, 购自食品添加剂公司。

1.2 方法

1.2.1 复合膜的制备

配方: 0.3% (m/V) 苦豆子半乳甘露聚糖+1% (V/V) 甘油+0.2% (m/V) +CaCl₂+0.2% (m/V) 柠檬酸; 按配方分别称取 1.5 g 苦豆子半乳甘露聚糖、1.0 g CaCl₂ 和 1.0 g 柠檬酸分别加入对应体积的膜助剂 5 mL 甘油, 加入 400 mL 蒸馏水, 在磁力搅拌器上 60 °C 加热溶解 6 h, 用蒸馏水加热搅拌均匀定容至 500 mL, 过滤除杂质, 并在真空度 0.09~0.1 MPa 下脱气, 凉至 37 °C 备用。

1.2.2 涂膜

取新鲜樱桃在新配制的保鲜剂中浸 1 min 后取出, 晾干, 放入铺有纱布的筛篮中, 根据指标测定分篮编号, 每篮 100 粒, 重复 3 次, 室内常温贮藏 (温度 25~28 °C, 相对湿度 68~75%), 每天随机取样 10~12 个进行生理生化指标测定分析, 以没有涂膜的樱桃为对照组 (CK)。

1.2.3 品质指标的测定

①好果率。好果率=好果个数/调查总个数×100%。
②霉烂率。霉斑直径大于 10 mm 时认定为果实为霉果, 实有大量汁液渗出、有浓厚异味即视为烂果, 霉烂率=霉烂果数/调查总个数×100%。
③失重率。每天称取杨梅果实鲜重, 计算失重率。失重率=失重重量/鲜果重量×100%。
Vc 含量和有机酸含量分别采用 2,6-二氯酚靛酚滴定法和 NaOH (0.1 mol/L) 滴定法测定 (以柠檬酸计); 可溶性固形物: 采用阿贝折光仪测定^[10]; 花青素含量^[11]取 0.5 g 果肉, 加入 10 mL 0.1 mol/L HCl, 研磨至匀浆, 密封于 32 °C 水中保温 5 h 后, 过滤, 滤液在 535 nm 处测吸光度, 以 0.1 mol/L HCl 为空白, 将吸光度 A₅₃₅=0.1 的花青素溶液称为 1 个色素浓度单位, 花青素色价=A_{535 nm}/样液质量×10。

1.2.4 生理生化指标测定

①呼吸强度。将果实准确称量后装入密闭的容器中, 于室温静置 30 min 后采用红外线 CO₂ 分析仪测定呼吸强度。
②相对电导率。取 5 颗杨梅精确称重, 用

单蒸水和双蒸水各冲洗 3 次, 放入 500 mL 烧杯中, 加 400 mL 双蒸水浸泡 30 min 后测电导率, 煮沸 10 min, 用双蒸水补至之前水量, 冷却至室温再次测电导率, 相对电导率=煮沸前电导率/煮沸后电导率×杨梅质量×100%。
③丙二醛 (MDA) 含量。将杨梅果肉匀浆后浆液 4000 r/min 离心 10 min, 取上清液用硫代巴比妥酸法测定^[12]。
④酶活性测定^[12]。多酚氧化酶 (PPO) 活性测定采用邻苯二酚比色法; 过氧化物酶 (POD) 活性测定采用愈创木酚比色法; 苯丙氨酸解氨酶 (PAL) 活性测定: 称取 0.1 g 果实, 研钵中液氮研磨, 按 1:10 (m/V) 加入 1 mL 经 4 °C 预冷的 50 mmol/L 的 pH 8.8 硼酸缓冲液 4 °C 下 12000 g 离心 20 min, 上清液用于 PAL 活性测定。

1.3 数据分析

所有实验数据用 SPSS 17.0 软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 涂膜处理对樱桃感官指标的影响

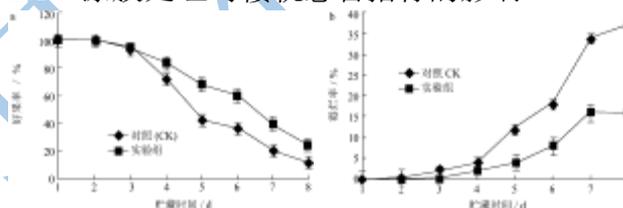


图1 樱桃在贮藏期间的好果率 (a) 和霉烂率 (b) 的变化

Fig.1 Changes of content of fresh and rotten rate of *Prunus avium* L. during storage

从图 1 可知, 随着贮藏时间的延长, 涂膜组和对照组的好果率都呈下降趋势, 而涂膜实验组的好果率下降趋势明显低于对照组, 当贮藏到第 6 d 时, 涂膜组好果率为 64%, 而对照组只有 37%, 两者呈极显著差异 ($P<0.01$)。而涂膜实验组霉烂率也明显低于对照组, 主要是由于涂膜处理降低了果实水分的变化幅度和被微生物感染的机率, 裂果减少从而抑制霉烂。贮藏第 6 d 时, 对照组霉烂率已达到 18%, 而涂膜的仅为 9% 两者呈极显著差异 ($P<0.01$)。说明复合膜处理具有保护作用, 使樱桃不易受微生物感染, 大大减少了霉菌等微生物引起的腐烂, 可以延缓樱桃果实的后熟软化和防止霉变的进程。因此可有效的保持果实的外观和贮藏品质。

2.2 涂膜处理对樱桃失重率和呼吸强度的影响

由图 2 表明随着贮藏时间的延长, 樱桃果实失重率逐渐增加; 涂膜组的失重率总体趋势小于对照组, 贮藏第 8 d 时对照组的失重率达到 36.03%, 涂膜组失重率为 22.97%, 两者呈极显著差异 ($P<0.01$)。由于

樱桃经涂膜处理后,在果实表面形成一层较为致密和均匀的薄膜,降低了透氧和透水性,使得果实的蒸腾作用和呼吸作用受到抑制,水分不易散失,自身有机物消耗量相对减少。由图2知,在贮藏2~4 d,实验组樱桃的呼吸强度明显低于空白对照组,但从第3 d直至实验结束,对照组的呼吸强度都明显高于实验组,这有可能是贮藏后期微生物繁殖等引起的。说明涂膜处理对樱桃的呼吸强度具有显著的抑制作用,进而达到防止果实腐烂、衰败,保持品质的效果。

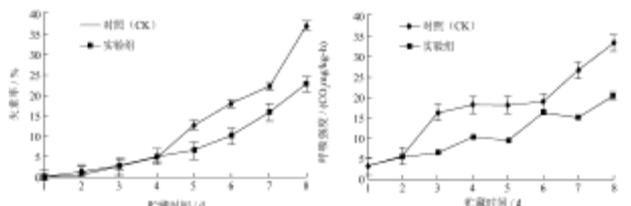


图2 樱桃在贮藏期间的失重率(a)和呼吸强度(b)的变化
Fig.2 Changes of weightloss rate and intensity of respiration of *Prunus avium* L. during storage

2.3 涂膜处理对樱桃 Vc 和有机酸含量的影响

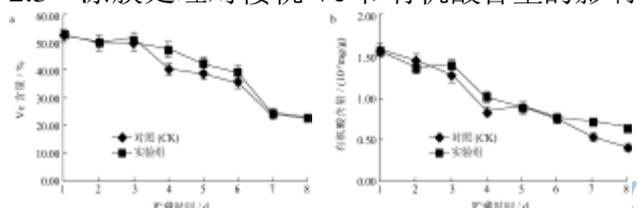


图3 樱桃在贮藏期间 Vc (a) 和有机酸含量 (b) 的变化
Fig.3 Changes of content of Vc and organic acids of *Prunus avium* L. during storage

Vc 在贮藏运输过程中极易受到抗坏血酸氧化酶氧化,所以其含量可以作为樱桃在贮藏过程中品质变化的指标。由图3知,贮藏期间,樱桃果实 Vc 含量总体都呈下降的趋势,但涂膜处理的 Vc 含量下降幅度明显低于对照组,在第6 d时对照组的 Vc 含量为38.64而涂膜处理为0.43 mg/g,与对照相比呈显著差异 ($p < 0.05$)。表明涂膜处理能显著抑制杨梅果实 Vc 含量的下降,使果实在贮藏后期能保持较高的 Vc 含量。贮藏前期,对照组果实的有机酸含量第1~4 d呈逐渐降低的趋势,涂膜处理的有机酸含量在贮藏期间下降速度明显低于对照组,说明涂膜处理对杨梅的有机酸含量起到一定的保持作用,但第6 d时两者相比无显著性差异 ($p > 0.05$)。

2.4 涂膜处理对樱桃可溶性固形物和花青素含量的影响

可溶性固形物是水果品质的一项重要指标,随着果实的成熟,果实内的各种有机物和相关酶发生转化,可溶性固形物含量增加,淀粉分解转变为糖,果实也随之软化。由图4知,在整个贮藏过程中,涂膜组和

对照组可溶性固形物含量变化不大,对照组1~4 d可溶性固形物含量稍有升高,后期有所降低,说明涂膜处理对杨梅果实可溶性固形物含量的变化影响较小,涂膜处理不会影响果实风味。樱桃果实成熟过程中最明显的变化是外观色泽的变化,花青素含量随着果实成熟度的提高快速积累。可以用花青素含量来判断在保鲜过程中杨梅成熟的程度。贮藏过程中涂膜组花青素比对照组花青素含量低,维持在一个较低的水平,而对照樱桃贮藏到第3 d,花青素色价从39.12上升到50.84,后有所下降,第5 d上升至54.18。说明多糖涂膜使樱桃果实成熟延缓,而且对樱桃果实中花青素合成有一定的抑制作用,其机理有待于进一步研究。

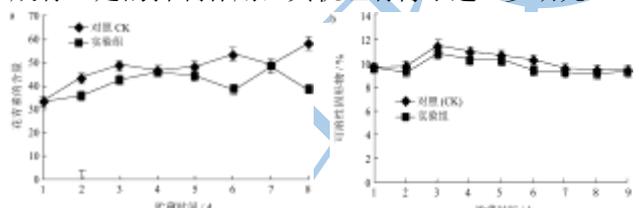


图4 樱桃在贮藏期间花青素含量(a)和可溶性固形物(b)的变化
Fig.4 Changes of content of Anthocyanin and soluble solids of *Prunus avium* L. during storage

2.5 涂膜处理对对樱桃 MDA 含量的影响

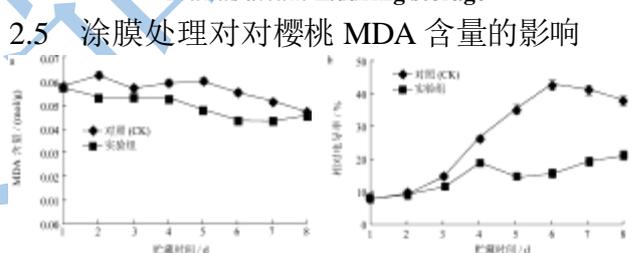


图5 樱桃在贮藏期间 MDA 含量(a)和相对电导率(b)的变化
Fig.5 Changes of MDA content of *Prunus avium* L. during storage

MDA 是具有细胞毒性的膜脂过氧化产物,可间接反映细胞损伤的程度。图5可知,随着贮藏时间的延长,实验组 MDA 呈先上升后下降的趋势,贮藏至第6 d时又快速上升,之后缓慢下降。涂膜组 MDA 含量均维持在较低的水平,趋势与对照组相似。对照组 MDA 含量增加的速度加快,说明膜脂过氧化加剧,果实衰老程度增加,而在相同的时间内,涂膜组 MDA 含量保持在一个相对较低的水平,使樱桃果实衰老延迟,这可能与果实在贮藏后期微生物的滋生有关。多糖涂膜处理后 MDA 含量明显低于对照组,因此多糖涂膜保鲜剂对果实中 MDA 的积累可起到一定的抑制作用,使其维持在较低水平,以此来保护细胞膜系统,延缓果实的衰老。多糖涂膜处理明显抑制了樱桃果实相对电导率的上升过程,对照组果实的相对电导率上升速率明显高于涂膜处理的果实,结果表明涂膜处理

有助于降低果实膜透性, 增强膜的保护作用, 提高果实耐贮性。

2.6 涂膜处理对对樱桃 PPO、POD 和 PAL 酶活性的影响

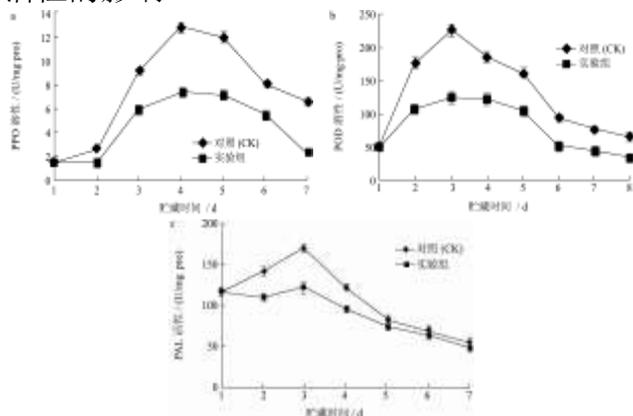


图6 樱桃在贮藏期间 PPO (a)、POD (b) 和 PAL (c) 酶活性的变化

Fig.6 Changes of the activities of PPO, POD and PAL activity of *Prunus avium* L. during storage

由图6可知, 经过多糖复合涂膜对樱桃的处理有效地维持保护酶PPO、POD和PAL酶的活性与对照相比处于较低的水平, 涂膜可能会降低膜脂过氧化和破坏膜系统的能力, 促进樱桃自身有效清除体内产生的自由基和减少次级代谢产物, 进而达到防止樱桃果实褐变腐烂、延缓果实的衰老、保持品质的效果, 起到了较好的保鲜与贮藏作用。

3 结论

3.1 多糖复合涂膜对樱桃外观品质与生理指标的影响

樱桃经多糖复合涂膜后对樱桃都起到了很好的保鲜效果。多糖复合涂膜在果实表面形成一层致密、较为均匀的可食性半透膜, 封闭了果实上的气孔, 一定程度上抑制了果内、外气体交换, 使果实内部形成一种低 O_2 分压、高 CO_2 分压的小环境, 起到气调作用, 从而抑制了果实的呼吸强度^[6]; 果实水分散失减少, 贮果的失重率降低; 霉变的发生减少, 软熟、腐烂的时间推后; 果实内可溶性固形物的增加速度减缓, 有机酸、Vc 等营养成分转化、流失的速度降低; MDA 的积累受限。有效地降低花青素的升高, 延缓了果实的成熟衰老, 使樱桃贮藏期延长。

3.2 多糖复合涂膜保鲜剂对樱桃 PPO、POD 和 PAL 酶活性的影响

由于PPO是参与大多数果实褐变的主要酶, 而且果蔬褐变是果蔬品质评定的重要指标之一, 也是贮藏保鲜的主要障碍, 在氧气存在的条件下, 催化果蔬原料

中的内源性多酚物质氧化生成醌聚合生成黑色素或褐色素, 是在果蔬贮藏或加工过程中引起酶促褐变的主要酶类, 严重影响果实的营养、风味及外观品质^[13]; POD是与果蔬褐变相关的另一种酶, 它可以利用过氧化氢进行与衰老有关的氧化反应可以清除植物体内氧自由基, 是植物细胞内反应衰老程度的指示酶, 所以抑制POD活性可以减缓果蔬的组织褐变和成熟衰老^[13]。一般老化组织中活性较高, 幼嫩组织中活性较弱, 所以其可作为组织老化的一种生理指标。本研究通过多糖复合涂膜对樱桃的处理有效地维持保护酶PPO和POD酶的活性处于较低的水平, 降低膜脂过氧化和破坏膜系统的能力, 促进樱桃自身有效清除体内产生的自由基和有毒代谢产物。PAL催化L-苯丙氨酸解氨生成反式肉桂酸, 是连接初级代谢和苯丙烷类代谢、催化苯丙烷类代谢第一步反应的酶, 也是苯丙氨酸代谢途径的关键酶和限速酶, 所以PAL酶活性可作为植物抗逆境能力的一个生理指标^[14], 多糖复合涂膜对樱桃的处理有效地降低PAL酶的活性, 减少了次级代谢产物的积累, 可见多糖涂膜对PAL活性有一定的抑制作用, 使PAL酶活性保持在较低的水平, 这可能与多糖涂膜使杨梅果实减少苯丙烷类次级代谢产物的积累和果实木质素的形成从而减少对杨梅果实自身伤害, 进而达到防止杨梅果实腐烂、延缓果实的衰老、保持品质的效果, 使杨梅贮藏期延长方便长途包装与运输^[4]。

3.3 多糖复合涂膜的保鲜机理的初步探讨

半乳甘露聚糖分子间发生相互作用, 形成致密的三维网状结构, 使其呈现出独特的保水性质和抑制呼吸的功能, 更好的增强了果实内部水分的扩散, 阻碍气体分子的透过, 从而使复合多糖同时起到减少果实内物质转化和呼吸基质的消耗、隔离致病微生物的侵染、延缓衰老和防止腐烂变质, 达到保鲜和延长贮藏的功效。同时起到减少果实内物质转化和呼吸基质的消耗、隔离致病微生物的侵染、延缓衰老和防止腐烂变质, 达到保鲜和耐储藏的目的。

所以利用可食用多糖研制保鲜膜进行果蔬保鲜与储藏, 实用、方便而且保鲜效果好, 操作工艺简单、成本低、易降解、对环境无污染, 绿色环保, 是果蔬和其它食品保鲜贮藏中具有广泛应用前景的一条新的途径。

参考文献

- [1] 李兴友, 付祥钊, 范亚明. 联合气调包装贮藏对樱桃保鲜效果的影响[J]. 保鲜与加工, 2006, 33(2): 18-20
- [2] 姜爱丽, 田世平. 不同气体成分对甜樱桃果实采后生理及品质的影响[J]. 中国农业科学, 2002, 35(1): 79-84

- [3] 宋要强,惠伟,刘敏会,等.1-甲基环丙烯和复合气调对艳阳甜樱桃保鲜效果研究[J].陕西师范大学学报(自然科学版),2010,38(4):84-87
- [4] 于江,郭嘉,张荔.氩气 MAP 技术在樱桃保鲜包装中的应用[J].包装工程,2009,30(4):4-6
- [5] 袁志,王明力,李霞.纳米 SiO₂ 壳聚糖复合膜保鲜草莓的研究[J].现代食品科技,2011,27(1):11-15
- [6] 叶文斌,郭守军,杨永利,等.壳聚糖与魔芋胶复合对杨梅常温贮藏的研究[J].食品与发酵工业,2010,36(8):172-179
- [7] 姜秋焕,叶盛权,叶春海,等.壳聚糖涂膜对鲜切菠萝蜜的保鲜作用[J].现代食品科技,2012,28(1):14-17
- [8] 刘国凌,许晓春,陈尚围.壳聚糖对枇杷保鲜的影响[J].现代食品科技,2006,22(3):70-72
- [9] 杨永利,郭守军,罗军德,等.苦豆子胶多糖组分气相色谱与薄层色谱分析[J].食品研究与开发,2006,27(11):159-162
- [10] 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
- [11] 谢培荣,马小华,欧阳菊英.采收成熟度对木洞杨梅贮藏品质的影响[J].湖南农业科学,2009,36(3):89-91
- [12] 高俊凤.植物生理学实验指导[M].北京:高等教育出版社,2007
- [13] Aquino-Bolanos E N, Silva E M. Effects of polyphenol-oxidase and peroxidase activity, phenolics and lignin content on the browning of cut jicama [J]. Postharvest Biology and Technology, 2004, 33(3): 275-283
- [14] 叶文斌,贡汉伯,樊亮,等.复合涂膜对杨梅贮藏过程中 POD、PPO、PAL 酶活性的影响[J].包装与食品机械,2012,30(2):10-16