

采后壳寡糖处理减轻皇冠梨果皮褐变的研究

赵韩栋¹, 秦畅¹, 郭风军², 范新光³, 傅茂润^{1*}, 陈庆敏^{4*}

¹ 齐鲁工业大学(山东省科学院) 济南 250353

² 国家农产品现代物流工程技术研究中心 济南 250103

³ 鲁东大学 山东烟台 264025

⁴ 山东农业工程学院 济南 250100

摘要 皇冠梨果实采后低温贮藏易发生果皮褐变现象。为解决该问题,本研究分别选择质量分数为 0.25%、0.5%、1%的壳寡糖水溶液对果实进行贮前浸泡处理,观测各浓度壳寡糖处理对果皮褐变、活性氧代谢和果实品质的影响。结果表明,壳寡糖处理可以显著抑制果皮褐变的发生,尤其是用 0.5%壳寡糖处理使褐变发病率和发病指数分别下降了 89%和 32%。果皮中多酚氧化酶、脂氧合酶活性的上升,使过氧化氢酶、抗坏血酸过氧化物酶、超氧化物歧化酶和苯丙氨酸解氨酶的活性在 0.5%壳寡糖组中维持在较高水平;相对于其它组别,0.5%壳寡糖处理使果皮中总酚、抗坏血酸维持在较高水平,且降低了过氧化氢和丙二醛的积累。虽然壳寡糖处理可使可溶性固形物、可滴定酸和硬度等品质指标维持在较高水平,但作用有限。结论:用 0.5%壳寡糖溶液处理贮前皇冠梨果实,可有效降低低温下果皮褐变病症的发生,并能较好地保持果实贮藏品质。

关键词 皇冠梨;壳寡糖;果皮褐变;冷害

文章编号 1009-7848(2022)04-0276-09 **DOI:** 10.16429/j.1009-7848.2022.04.027

皇冠梨果皮洁净,呈黄色,果肉雪白,石细胞小,味美多汁,营养丰富,近年来深受广大消费者喜爱。皇冠梨主产于山东、河北等地,每年 6、7 月份收获,时值夏季,气温高,严重影响了果品贮藏品质^[1]。低温(0℃)是皇冠梨最常见的贮藏手段,然而,在低温贮藏过程中果皮表面往往表现出不规则的淡褐色斑纹,呈半圆状,随着此症状的发展,淡褐色病斑逐步扩大,颜色加深且出现凹陷^[2]。病果外观差,严重影响了果实的商品价值,该病症已成为制约皇冠梨产业发展的瓶颈问题。皇冠梨果皮褐变与组织中酚类物质代谢密切相关,商业上常用缓慢降温的方式来延缓病症的发生,可是该操作繁琐,不易控制,且控制效果不稳定,故而开发稳定、简易、高效的果皮褐变控制新技术成为皇冠梨产业发展的重要方向。

壳寡糖(Chitosan oligosaccharides, COS)是一种低聚合度水溶性的糖类,由 2~10 个氨基葡萄糖通过 β -1,4 糖苷键相连而成^[3]。它具有分子质量小、水溶性好的特点。COS 价廉、无毒、可降解,可诱导植物产生抗病性。壳寡糖作为一种天然无毒的生物保鲜剂,在农业可持续发展过程中起着至关重要的作用。COS 对提高植物自身抗性,减少化学药品残留有巨大的应用价值^[3]。

果蔬在逆境环境中会积累大量的活性氧,为避免活性氧的过度积累对质膜系统造成的破坏,果蔬会通过自身调节以减少活性氧对组织的破坏程度。壳寡糖处理可显著提高柑橘果皮中 SOD、APX、POD、PPO、CAT 活性^[4]。罗小芬等^[5]研究发现壳聚糖涂膜处理番茄,可维持 CAT、SOD 等保护酶较高的活性。陈喜文等^[6]研究发现壳寡糖处理使得烟草叶片和黄瓜叶片中 POD、CAT、SOD 等防御酶活性有所提高。Lin 等^[7]研究发现采用 0.5%浓度的壳寡糖处理后,杏梅果实的品质能够较好维持,且减缓了杏果实冷害的发生。

本课题组前期研究发现, COS 处理采后皇冠梨果实能有效抑制长期低温贮藏中果皮褐变症状的出现,然而对其抑制机理尚不清楚。本研究采用不同浓度的壳寡糖溶液处理皇冠梨果实,检测果

收稿日期: 2021-08-22

基金项目: 国家自然科学基金青年科学基金项目(31801600);
山东省自然科学基金青年科学基金项目(ZR2020QC245);
山东省高等学校青创科技计划果蔬贮藏与保鲜创新团队项目(2019KJF010)

作者简介: 赵韩栋(1987—),男,博士,讲师

通信作者: 傅茂润 E-mail: skyfmr@163.com

陈庆敏 E-mail: coconut508@163.com

皮中活性氧相关代谢变化,从活性氧代谢角度揭示低温下COS抑制果皮褐变的机理。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

试验用皇冠梨采自河北辛集李庄果园,采收时选择成熟度一致,大小均一、无伤,表皮无褐变的果实,果实用单果网套包裹,装入内衬保鲜袋的纸箱中。立即常温运至齐鲁工业大学果蔬贮藏与保鲜实验室。

试剂:食品级壳寡糖(平均分子量1500~2000,脱乙酰度95%),青岛红海生物技术有限公司;三氯乙酸、硫代巴比妥酸、氢氧化钠、愈创木酚、聚乙烯吡咯烷酮,上海泰坦科技股份有限公司;丙酮、无水乙醇、二硫醚糖醇、愈创木酚、30% H_2O_2 、冰醋酸、浓硫酸,国药集团化学试剂有限公司。试验所用试剂均为分析纯级。

分别配制质量分数为0.25%、0.5%和1%的COS水溶液,将预冷过后的梨果实完全置于上述常温溶液中,浸泡5 min,取出风干表面水分,经过商品化包装后置于0℃冷库中贮藏。每6箱皇冠梨为一组处理,每箱32个果实。空白对照果实用清水浸泡5 min,每组处理3个重复。在贮藏的0,10,20,30,40 d 每组分别取出16个梨测定果实硬度、果肉中可溶性固形物和可滴定酸的含量,称取上述样品的果皮测定果皮中丙二醛、过氧化氢、抗坏血酸总酚含量,同时测定果皮多酚氧化酶(Polyphenol oxidase, PPO)、脂氧合酶(Lipoxygenase, LOX)、过氧化氢酶(Catalase, CAT)、抗坏血酸过氧化物酶(Ascorbate peroxidase, APX)、超氧化物歧化酶(Superoxide dismutase, SOD)、苯丙氨酸解氨酶(Phenylalanine ammonia-lyase, PAL)的活性。在贮藏的0,10,20,30,40 d 每组分别另外取出16个皇冠梨果实置于室温(25℃)下3 d,模拟货架期试验,统计果皮褐变发病情况和褐变指数。

1.2 仪器与设备

GY-1 硬度计,浙江托普仪器有限公司;Pocket refractometer PAL-1 手持糖度计,日本ATA-GO;V-1100D 型可见分光光度计,上海美谱达仪器有限公司;2006-11 恒温水浴锅,国华仪器有限

公司;高速冷冻离心机(Allegra 64R),美菱科技有限公司;超声波清洗仪(GD0101),冠博科技实业有限公司;微型冷库,烟台睿加节能有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 果皮褐变发病率及褐变指数的测定

1) 果品褐变发病率 = (果皮褐变果实数/总果实数) × 100%。

2) 依据梨果皮表面褐变面积划分为5个级别。0级:果皮表面无褐色斑点;1级:果实表面褐色斑点面积小于果实总表面积的10%;2级:褐色斑点面积为果实总表面积的10%~20%;3级:褐色斑点面积为果实总表面积的20%~40%;4级:褐色斑点面积为果实总表面积的40%以上。果皮褐变指数 = $\sum(\text{褐变级别} \times \text{该级别果实数}) / (\text{总果实数} \times \text{最高褐变级数}) \times 100\%$ 。

1.3.2 果实硬度、可溶性固形物和可滴定酸的测定

利用GY-1 硬度计(8 mm 探头)测定果实硬度,在每个梨果赤道线处对称选取两点去皮,压头与果肉切面垂直接触,用硬度计测定果肉硬度,单位为 kg/cm^2 。

利用糖度计测定果实中可溶性固形物含量,将测定过硬度的梨果挤取适量皇冠梨汁液滴在PAL-1 手持糖度计上,读取数值并做好记录,单位为%。

利用氢氧化钠溶液滴定法测定果实可滴定酸含量^[8]。精确称量10.0 g 样品并研磨成匀浆。之后,将样品放入100 mL 容量瓶中,加入蒸馏水定容。将样品溶液充分摇动并放置30 min,过滤。以1% 酚酞指示剂,将20 mL 滤液转移至锥形瓶,再用标定过的氢氧化钠溶液滴定,记录用量并重复3次。

1.3.3 多酚及丙二醛含量的测定

利用福林酚法测定果皮中总酚含量^[8]。称取2 g 皇冠梨果皮样品,加入10 mL 70% 丙酮,匀浆后避光提取2 h,4℃,10 000×g 离心15 min,取上清液。5 倍稀释的福林酚试剂与0.1 mL 提取液混合,静置5 min,与1 mL 质量分数6%的 Na_2CO_3 溶液混合75℃水浴10 min,立即冰浴冷却至室温(20℃)。用没食子酸作为标准计样品总酚含量,单位为 mg/g。

取1 g 新鲜果皮样品利用硫代巴比妥酸法测定果皮中丙二醛含量^[8]。丙二醛含量 = $6.45 \times (A_{532nm} - A_{600nm}) - 0.56 \times A_{450nm}$, 单位为 $\mu mol/L$ 。

1.3.4 抗坏血酸及过氧化氢含量的测定 利用高效液相色谱法测定果皮中抗坏血酸的含量^[8]。称取 1 g 果皮组织,加入体积为 5 mL,浓度为 20 mmol/L pH = 2.1 的磷酸缓冲溶液(含 1 mmol/L EDTA)研磨匀浆后 4 ℃,10 000×g 离心 15 min。提取液与二硫苏糖醇按 4:1 的体积比加入 2 g/L 二硫苏糖醇,混匀,静置 2 h,即为抗坏血酸待测液。过 0.22 μm 的水系滤膜后,进行 HPLC-DAD 测定,检测波长为 280 nm。根据抗坏血酸标准品保留时间及色谱图峰面积确定样品中抗坏血酸含量。

果皮中过氧化氢含量测定方法如下,取 4.0 g 果皮样品与 3 mL 冷的丙酮研磨匀浆。4 ℃ 10 000×g 离心 10 min 取上清,1 mL 上清液与 5% 的硫酸钛及浓氨水混匀,10 000×g 离心 15 min 后去除上清,加入硫酸使管底沉淀完全溶解,在波长 410 nm 处测定吸光值,根据结果制作标准曲线,计算果皮中过氧化氢的含量。

1.3.5 LOX 与抗氧化体系相关酶活性的测定 称取 2 g 梨果皮样品与 4 ℃ 5 mL 磷酸缓冲液(pH=7.8,含有 0.1 mol/L PMSF,0.5 mmol/L 乙二胺四乙酸,5% 聚乙烯吡咯烷酮和 1 mmol/L 二硫苏糖醇)研磨混匀后 4 ℃,10 000×g 离心 30 min,取上清分装,-80 ℃ 保存备用^[8]。

1) LOX 活性测定 采用 Todd 等^[9]的方法测定 LOX 活性,将每分钟吸光值上升 0.01 定义为 1 个酶活性单位(U),结果以 U/mg 表示。

2) SOD 活性测定^[10] 50 mmol/L 磷酸缓冲液(pH = 7.8 含 130 mmol/L 蛋氨酸,0.75 mmol/L 氯化硝基四氮唑蓝和 0.1 mmol/L 乙二胺四乙酸二钠)与酶提取液混合,加一定量 0.02 mmol/L 核黄素混合,光照 5 min,测定光照下反应液的吸光值。将每克果皮样品每分钟抑制 50% 氯化硝基四氮唑蓝光还原反应作为 1 个 SOD 酶活性单位(U),结果用 U/mg 表示。

3) CAT 活性测定^[11] 酶提取液与 pH 7.0,50 mmol/L 的磷酸缓冲液和 3% 的过氧化氢混合。以每分钟内吸光值降低 0.1 为 1 个 CAT 活性单位(U),单位为 U/mg。

4) APX 活性测定 适量的酶粗提液与 pH 7.0 的 3 mL 反应液(50 mmol/L 磷酸缓冲液,15 mmol/L 抗坏血酸及 15 mmol/L 过氧化氢)。以每分

钟吸光值变化 0.01 作为 1 个酶活单位(U),单位用 U/mg 表示^[9]。

5) PPO 活性测定 参考 Kumar 等^[12]的方法,测定果皮中 PPO 酶活性,以 15 s 时波长 420 nm 处吸光值为初始值,每隔 1 min 记录 1 次,吸光值每增加 0.01 为 1 个酶活单位,单位以 U/mg 表示。

1.3.6 PAL 酶活性测定 称量 1.0 g 果皮样品,根据 Assis 等^[13]的方法测定皇冠梨果皮中 PAL 酶的活性。以反应体系在波长 290 nm 处每小时吸光度值增加 0.01 所需酶量作为 1 个 PAL 活性单位。

1.4 数据统计分析

用 SPSS 17.0 软件对试验数据进行统计及分析,采用 Origin 9.0 软件作图, $P < 0.05$ 表示差异显著。

2 结果与分析

2.1 COS 处理抑制皇冠梨果皮褐变的产生

由图 1 可知,与对照组相比,COS 处理的皇冠梨果实在贮藏期间果皮褐变发病情况均受到显著抑制($P < 0.05$)。未经 COS 处理组果皮褐变发病率在贮藏 40 d 时高达 93%,发病指数约 40%。在 COS 处理组中,0.5% COS 处理组发病率和发病指数均在最低水平;1% COS 组和 0.5% COS 组对发病率的抑制效果无显著差异,均有很好的抑制效果,相比于 0.5% COS 组,1% COS 组的发病指数是 0.5% COS 组的 2 倍以上。以上结果说明,0.25% COS 处理对皇冠梨果皮褐变的抑制效果较弱,COS 的质量分数在 0.5% 时对果皮褐变发病情况抑制较好,然而 COS 含量过高时会减弱对发病情况的抑制效果。刘幸海等^[14]认为不同浓度的 COS 可能会启动植物体内不同的信号途径,只有适宜的壳寡糖浓度才能诱导启动植物的防御途径,壳寡糖浓度过高,可能会加强溶液的成膜性,造成壳寡糖溶液附着在果实表面形成致密薄膜,进而影响果实的正常代谢。

2.2 COS 处理对皇冠梨果实可溶性固形物、可滴定酸和硬度的影响

如图 2a 所示,不同处理组别中皇冠梨果实的可溶性固形物含量变化不大,总体呈下降趋势。在贮藏末期,对照组果实的可溶性固形物下降幅度最大,然而与 COS 处理组相比变化不显著。COS

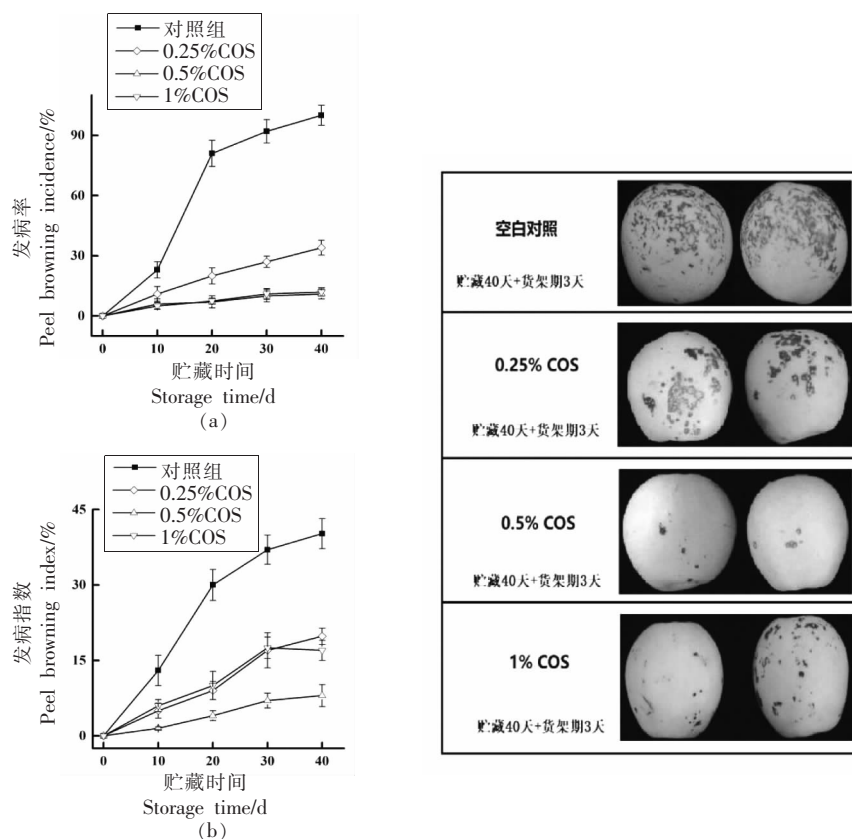


图 1 壳寡糖处理对皇冠梨果实褐变发病率(a)和发病指数(b)的影响

Fig.1 Effects of COS treatment inhibits the peel browning incidence (a) and index (b) of Huangguan pear

处理均对皇冠梨果实中可溶性固形含量的下降均有抑制作用。

如图 2b 所示, COS 处理对果实中可滴定酸含量的下降有显著抑制作用 ($P < 0.05$), 贮藏 40 d 时, 0.25%, 0.5% 及 1.0% COS 处理组 TA 含量分别为 1.41%, 1.71% 与 1.60%, 而对照组仅为 1.2%; 其中以 0.5% COS 处理对可滴定酸含量的下降抑制效果最好, 在 40 d 时, 0.5% COS 组果实中可滴定酸的含量是对照组的 1.4 倍; COS 处理对梨果中可滴定酸含量的下降均有一定的抑制作用 ($P > 0.05$)。果实中的可滴定酸主要以有机酸的形式出现, 果实的生理代谢活动以酸为底物, 这是可滴定酸含量下降的主要原因。由此可知, COS 处理可以较好的调节果实代谢, 改善果实的贮藏品质。

硬度, 是评价果实品质的重要指标之一。由图 2c 可以看出, 贮藏期间果实硬度呈现逐渐下降的趋势, COS 处理对延缓果实硬度的下降均有一定的作用, 然而在贮藏末期各组别硬度相差不大。

2.3 COS 处理对果皮中 PPO 酶活性和多酚含量的影响

由图 3a 可知, 贮藏过程中果皮中对照组和 0.25% COS 组的 PPO 酶活性呈先上升后下降的趋势, 在贮藏 20 d 时 PPO 活性达到最高; 0.5% COS 组和 10% COS 组的 PPO 酶活性呈现缓慢上升的趋势, 然而在整个贮藏中期对照组和 0.25% COS 组中 PPO 酶的活性显著 ($P < 0.05$) 高于 0.5% COS 组和 1% COS 组, 在贮藏 20 d 时, 对照组 PPO 酶活性是 0.5% COS 组的 1.3 倍。

从图 3b 可以看出, 果皮中总酚含量在整个贮藏期间呈现逐步下降的趋势, 其中对照组和 0.25% COS 处理组中的多酚含量下降最为显著, 而 0.5% COS 和 1% COS 可以较好地抑制果皮中总酚含量的下降, 在贮藏 40 d 时, 0.5% COS 组中多酚含量比对照组高出 20%。有研究表明, 低温贮藏过程中果皮中酚类含量大幅度下降和 PPO 酶活力的增强是引发皇冠梨果实果皮褐变的直接原

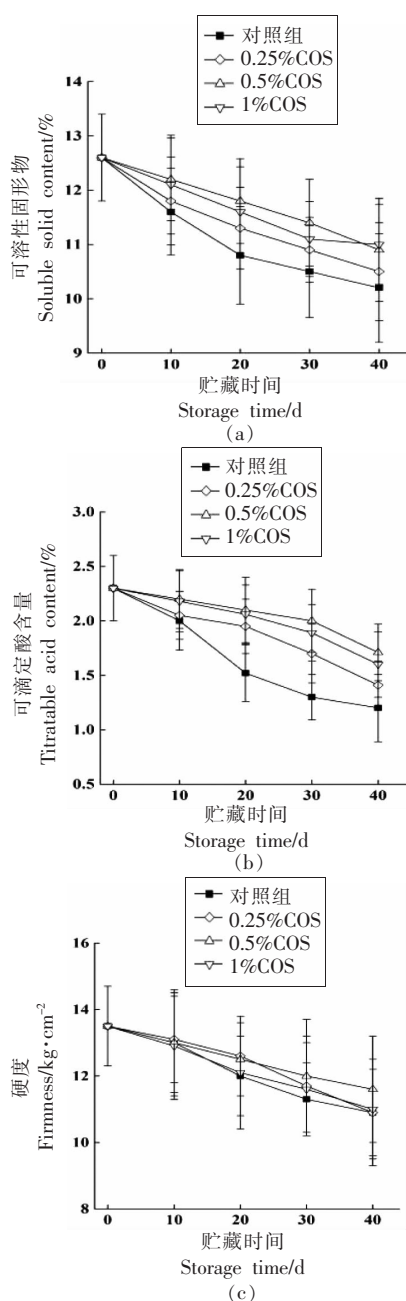


图2 壳寡糖处理对皇冠梨果实可溶性固形物(a)、可滴定酸含量(b)和硬度(c)的影响

Fig.2 Effects of COS treatment on soluble solids content (a), titratable acid content (b) and firmness (c) of Huangguan pear

因^[15]。本研究发现,0.5%COS处理可以较好的抑制果实中多酚含量的下降和PPO酶活性的上升。

2.4 COS处理对果皮中LOX酶活性和丙二醛含量的影响

从图3c可以看出,果皮中LOX酶活性在皇

冠梨贮藏过程中呈现持续上升的趋势,而0.5%COS处理和1%COS处理可以明显($P < 0.05$)抑制LOX酶活性的上升,在贮藏到40d时,对照组的LOX酶活性比0.5%COS处理高出约16%。由图3d可知,所有处理组别的丙二醛含量在贮藏期间均呈现持续上升的趋势,然而0.5%COS处理组和1%COS处理组的果皮中丙二醛含量显著低于0.25%COS组和对照组,在贮藏末期,0.5%COS处理组的丙二醛含量比对照组高出近40%。

果实在低温条件下,冷害所引发的褐变通常认为是由细胞膜氧化损伤所致。LOX酶可以氧化细胞膜中的膜脂,在果实冷害发生和组织的褐变过程中发挥着重要作用,丙二醛对细胞膜有严重的破坏作用,同时丙二醛也可以反映细胞对外界胁迫的反映,多数研究认为组织中丙二醛的含量与果实的冷害程度呈负相关^[16]。本研究表明,COS处理可以明显抑制低温贮藏中皇冠梨果皮中LOX酶的上升和丙二醛含量的下降,尤其是0.5%COS处理效果最为明显。

2.5 COS处理对果皮中CAT酶活性、APX酶活性和过氧化氢及抗坏血酸含量的影响

由图4a可知,果皮中的CAT活性整体呈先上升后下降的趋势,到贮藏终点时,0.5%COS处理和1%COS处理的果皮中CAT酶的活性明显高于0.25%COS处理和对照组。与贮藏开始时相比,0.25%COS处理组的CAT酶活性上升了33%,是贮藏40d时对照组CAT酶活性的1.47倍。由图4b可知,对照组和0.25%COS处理组果皮中过氧化氢含量在贮藏期呈迅速上升的趋势,且二者明显($P < 0.05$)高于同期的0.5%和1%COS处理组。COS处理均可以抑制果皮中过氧化氢的积累,在贮藏40d时,对照组果皮中的过氧化氢含量是0.5%COS处理组的近3倍。

APX酶能催化抗坏血酸与过氧化氢反应,其对清除过氧化氢起着重要的作用^[17]。从图4c中可以看出,对照组和0.25%COS处理组皇冠梨果皮中APX酶活性呈先上升后下降的趋势,在贮藏20d时达到最大值,然而这两组APX酶的活性差异不显著。0.5%和1%COS处理组果皮中APX酶活性在贮藏20d时,未呈现下降反而呈现持续上升的趋势,在贮藏30d后上升趋势减缓,在贮藏40

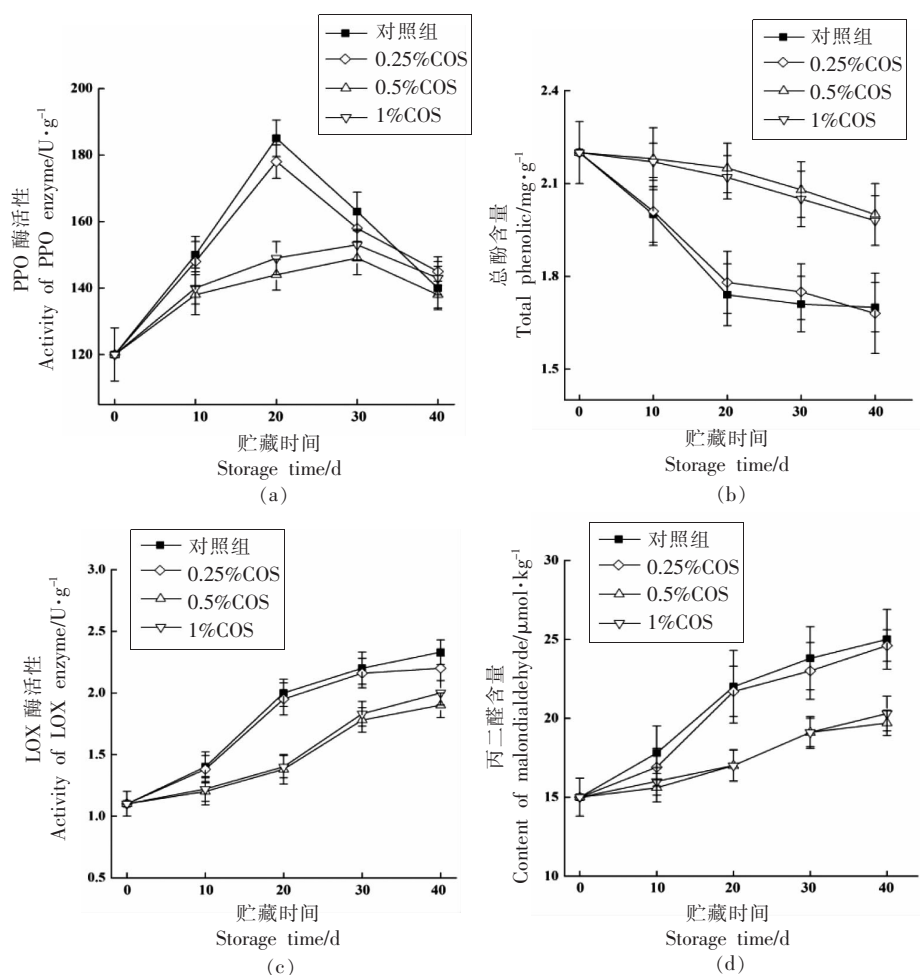


图 3 壳寡糖处理对皇冠梨果皮中 PPO 酶活性(a)、总酚含量(b)、LOX 酶活性(c)和丙二醛含量(d)的影响

Fig.3 Effects of COS treatment on PPO activity (a), total phenolic content (b), LOX activity (c) and malonaldehyde content (d) of Huangguan pear

d 时,0.5%COS 处理组的 APX 酶活性是对照组的 1.6 倍,同时 0.5%COS 组果皮中 APX 酶活性显著 ($P < 0.05$) 高于 1%COS 处理组。由图 4d 可知,果皮中抗坏血酸含量在整个贮藏期呈缓慢下降的趋势,COS 处理可抑制果皮中抗坏血酸含量的下降,在贮藏 40 d 时,0.5%COS 处理组中的抗坏血酸含量显著 ($P < 0.05$) 高于对照组,而 0.25%和 1%COS 处理组以及对照组果皮中抗坏血酸含量无显著差别 ($P > 0.05$)。

2.6 COS 处理对果皮中 SOD 酶活性和 PAL 酶活性的影响

由图 5a 可知,SOD 酶的活性整体呈先上升后下降的变化趋势。各处理组相比较,0.5%和 1% COS 处理组延缓了果皮中 SOD 酶活性的下降。在贮藏 40 d 时,0.5%和 1%COS 处理组果皮中 SOD

酶的活性是同期 0.25%COS 处理组和对照组的 1.8~2 倍。果皮中 PAL 酶的活性在贮藏期表现为整体上升的趋势,且上升幅度明显(图 5b)。COS 处理提高了 PAL 酶的活性,0.5%和 1%COS 处理组效果显著 ($P < 0.05$),而 0.5%和 1%COS 处理组的 PAL 酶活性差异不显著。在贮藏终点,0.5%COS 处理组 PAL 酶活性是对照组的 1.3 倍,而 0.25% COS 处理组的 PAL 酶活性与对照组相比差异不显著 ($P > 0.05$)。

植物组织中活性氧代谢的酶主要有 SOD、CAT、PPO、LOX 和 APX 等,它们与植物的逆境反映相关^[17]。SOD 活性氧将超氧阴离子自由基歧化为 O_2 和 H_2O_2 ,随后 POD、CAT 和 APX 等酶类共同将 H_2O_2 降解成为 H_2O 和 O_2 ,进而减轻活性氧对植物细胞的伤害^[18]。

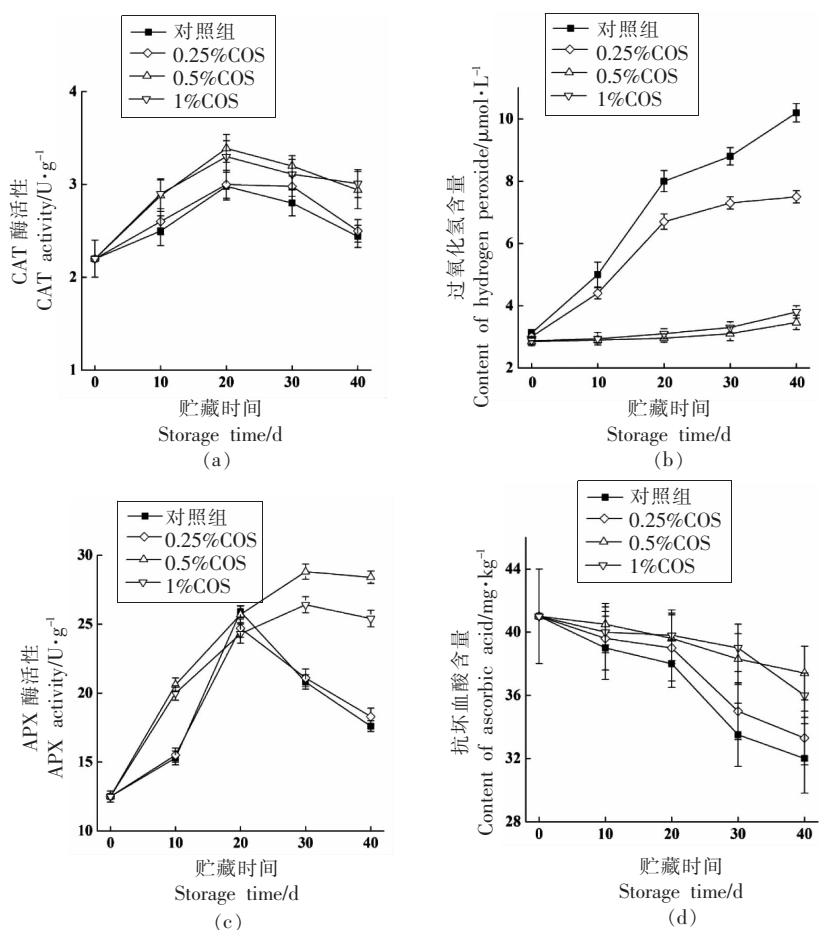


图4 壳寡糖处理对皇冠梨果皮中CAT酶活性(a)、过氧化氢含量(b)、APX酶活性(c)和抗坏血酸含量(d)的影响
Fig.4 Effects of COS treatment on CAT activity (a), the content of hydrogen peroxide (b), APX activity (c) and the content of ascorbic acid (d) of Huangguan pear

本试验发现COS处理能显著降低皇冠梨贮藏期间果皮中 H_2O_2 含量,提高SOD、POD、CAT、LOX及APX等活性氧清除酶类的活性。黄艳等^[4]

发现COS处理可诱导CAT等酶的产生,减少果实中活性氧含量,降低酚类物质的转化。也有研究发现COS处理后的杏和草莓果实中 H_2O_2 含量急剧

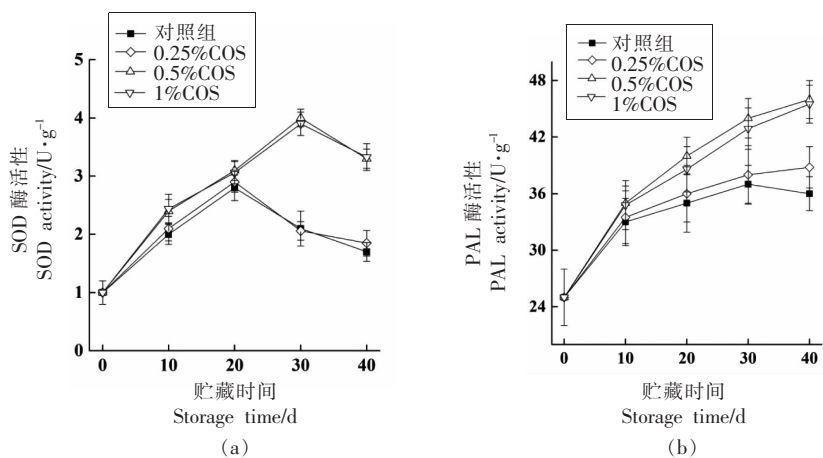


图5 壳寡糖处理对皇冠梨果皮中SOD酶活性(a)和PAL酶活性(b)的影响
Fig.5 Effects of COS treatment on SOD (a) and PAL (b) activity of Huangguan pear

积累^[9]。PAL 是苯丙烷类代谢的限速酶,间接参与酚类化合物的合成,与植物抗性密切相关^[9]。弓德强等^[20]认为 PPO 是使酚类氧化为醌进而发生褐变的关键酶,而多酚是合成木质素等抗病物质的前体。本试验发现 COS 可抑制皇冠梨果皮中 PPO 酶的活性上升,促进 PAL 酶活性的上升。

3 结论

COS 可以改善低温贮藏过程中的皇冠梨果皮活性氧的代谢情况,进而抑制果皮褐变症状的出现。0.5%和 1%COS 处理均可抑制果皮中 PPO 酶和 LOX 酶活性的上升,并可使 CAT、APX、SOD 和 PAL 等酶的活性维持在较高水平;同时,0.5%和 1%COS 处理可以维持果皮中总酚和抗坏血酸的含量在较高水平,并降低过氧化氢和丙二醛的积累。同时,研究还发现,COS 处理组可较好的改善皇冠梨果实品质,使可溶性固形物、可滴定酸和硬度维持在较高水平,并且 0.5%的 COS 处理对果实品质保持最好。研究表明,在贮藏前采用 0.5%的 COS 处理皇冠梨,可以通过影响活性氧代谢和抗氧化物质积累,来减少其在低温贮藏期间果皮褐变的发生,以达到保持贮藏期间皇冠梨品质的目的。

参 考 文 献

- [1] 刘佩,徐欣欣,刘同信,等. 过氧化氢处理对采后‘黄冠’梨果皮褐变及果实品质的影响[J]. 食品科学, 2017, 38(19): 241-247.
LIU P, XU X X, LIU T X, et al. Effects of H₂O₂ treatment on postharvest quality and skin browning of ‘Huangguan’ pears[J]. Food Science, 2017, 38(19): 241-247.
- [2] 刘佩,王璇,王庆国,等. 脱落酸处理对采后‘黄冠’梨品质及果皮褐变的影响[J]. 农学学报, 2017, 7(2): 84-90.
LIU P, WANG X, WANG Q G, et al. Effects of ABA treatment on postharvest quality and skin browning of ‘Huangguan’ pear[J]. Journal of Agriculture, 2017, 7(2): 84-90.
- [3] BOSE S K, HOWLADER P, WANG W, et al. Oligosaccharide is a promising natural preservative for improving postharvest preservation of fruit: A review[J]. Food Chemistry, 2021, 341: 128178.
- [4] 黄艳,明建,邓雨艳,等. 壳寡糖诱导柑橘果实抗病作用中的活性氧变化[J]. 食品科学, 2009, 30(22): 344-349.
HUANG Y, MING J, DENG Y Y, et al. Induction of *Colletotrichum gloeosporioides* Penz. resistance through oligochitosan treatment and active oxygen change in citrus fruits[J]. Food Science, 2009, 30(22): 344-349.
- [5] 罗小芬,颜海燕,苑国旭. 壳聚糖处理对加工番茄活性氧代谢的影响[J]. 食品工业, 2011 32(2): 26-28.
LUO X F, YAN H Y, YUAN G X. Effects of chitosan treatment on the active oxygen metabolism of processing tomatoes[J]. The Food Industry, 2011, 32(2): 26-28.
- [6] 陈喜文,郝友进,陈德富,等. 含氮杂环化合物对黄瓜白粉病抗性的诱导作用及其与防御酶系统的关系[J]. 植物病理学报, 2003, 33(6): 535-540.
CHEN X W, HAO Y J, CHEN D F, et al. Induced-resistance of cucumber by nitrogen containing heterocycles to powdery mildew (*Sphaerotheca fuliginea*) [J]. Acta Phytopathologica Sinica, 2003, 33(6): 535-540.
- [7] LIN M, CAO J, XU L, et al. Effects of 1-methylcyclopropene in combination with chitosan oligosaccharides on post-harvest quality of aprium fruits[J]. Scientia Horticulturae, 2014, 179(179): 301-305.
- [8] ZHAO H, SHU C, FAN X, et al. Near-freezing temperature storage prolongs storage period and improves quality and antioxidant capacity of nectarines [J]. Scientia Horticulturae, 2018, 228: 196-203.
- [9] TODD J F, PALIYATH G, THOMPSON J E. Characteristics of a membrane-associated lipoxygenase in tomato fruit[J]. Plant Physiology, 1990, 94(3): 1225-1232.
- [10] ZHAO H, LIU B, ZHANG W, et al. Enhancement of quality and antioxidant metabolism of sweet cherry fruit by near-freezing temperature storage[J]. Postharvest Biology & Technology, 2019, 147: 113-122.
- [11] SGHERRI C, SCATTINO C, PINZINO C, et al. Ultraviolet-B radiation applied to detached peach fruit: A study of free radical generation by EPR spin trapping[J]. Plant Physiology & Biochemistry, 2015, 96: 124-131.

- [12] KUMAR V, MOHAN T, MURUGAN K. Purification and kinetic characterization of polyphenol oxidase from Barbados cherry (*Malpighia glabra* L.)[J]. Food Chemistry, 2008, 110(2): 328–333.
- [13] ASSIS J S, MALDONADO R, MUOZ T, et al. Effect of high carbon dioxide concentration on PAL activity and phenolic contents in ripening cherimoya fruit[J]. Postharvest Biology and Technology, 2001, 23(1): 33–39.
- [14] 刘幸海, 李正名, 王宝雷. 具有农业生物活性壳寡糖的研究进展[J]. 农药学报, 2006, 8(1): 1–7.
LIU X H, LI Z M, WANG B L. Progress in pesticidal bioactivities for chitosan oligosaccharide [J]. Chinese Journal of Pesticide Science, 2006, 8(1): 1–7.
- [15] MA Y, YANG M, WANG J, et al. Application of exogenous ethylene inhibits postharvest peel browning of ‘Huangguan’ pear[J]. Frontiers in Plant Science, 2017, 7: 20–29.
- [16] ZHU Y, WANG K, WU C, et al. Effect of ethylene on cell wall and lipid metabolism during alleviation of postharvest chilling injury in peach [J]. Cells, 2019, 8(12): 1612.
- [17] MATHEWS D, SABINA J M, TURNER D. Expanded sequence dependence of thermodynamic parameters improves prediction of RNA secondary structure[J]. Journal of Molecular Biology, 1999, 288(5): 911–940.
- [18] AHMAD A, ALI A. Improvement of postharvest quality, regulation of antioxidants capacity and softening enzymes activity of cold-stored carambola in response to polyamines application[J]. Postharvest Biology and Technology, 2019, 148: 208–217.
- [19] YAHRAUS T, CHANDRA S, LEGENDRE L, et al. Evidence for a mechanically induced oxidative burst [J]. Plant Physiology, 1995, 109(4): 1259–1266.
- [20] 弓德强, 谷会, 张鲁斌, 等. 苯并噻重氮对采后芒果抗病性及相关酶活性的影响[J]. 果树学报, 2010, 27(4): 585–590.
GONG D Q, GU H, ZHANG L B, et al. Effects of benzothiadiazole on disease resistance and related defense enzyme activity of harvested mango fruits[J]. Journal of Fruit Science, 2010, 27(4): 585–590.

Study on Chitosan Oligosaccharides Treatment Alleviating Peel Browning of Huangguan Pear

Zhao Handong¹, Qin Chang¹, Guo Fengjun², Fan Xinguang³, Fu Maorun^{1*}, Chen Qingmin^{4*}

(¹Qilu University of Technology (Shandong Academy of Science), Jinan 250353

²National Engineering Research Center for Agricultural Products Logistics, Jinan 250103

³Ludong University, Yantai 264025, Shandong

⁴Shandong Agriculture and Engineering University, Jinan 250100)

Abstract Low temperature storage generally induced the symptom of peel browning in Huangguan pear. To solve this problem, this research used different mass fractions of chitosan oligosaccharide (COS) aqueous solution, including 0.25%, 0.5% and 1%, for treating the postharvest Huangguan pear before the low temperature (0 °C) storage, and investigated the effect of COS on peel browning, reactive oxygen metabolism as well as fruit quality. The results showed that COS treatment could remarkably inhibited the peel browning incidence, especially 0.5% COS. 0.5% COS treatment decreased the incidence and index of peel browning by 89% and 32%, respectively. Due to the increased activities of polyphenoloxidase and lipoxidase, the activities of catalase, ascorbate peroxidase, superoxide dismutase and phenylalanine ammonialyase maintained the higher levels in 0.5% COS-treated fruit peel. Compared to other treatments, 0.5% COS enhanced the higher values of total phenolic and ascorbic acid, while the 0.5% COS reduced the accumulation of hydrogen peroxide and malonaldehyde. Although the COS treatment could improve the levels of soluble solid, titratable acid and firmness, there were not significant. In conclusion, 0.5% COS treatment could reduce the incidence of peel browning and improve fruit quality of Huangguan pear, significantly before the cold storage.

Keywords Huangguan pear; chitosan oligosaccharide; peel browning; chilling injury