

超高压处理结合壳聚糖涂膜对板栗贮藏效果的研究

顾仁勇*, 杨万根

(吉首大学 化学化工学院, 湖南 吉首, 416000)

摘 要 为了探讨超高压(350 MPa/10 min)结合2.0%(质量分数)壳聚糖涂膜处理板栗的贮藏效果,测定了超高压和壳聚糖涂膜单独处理以及两者结合使用时板栗贮藏期间的呼吸强度、淀粉含量、质量损失率、腐烂率以及虫果率的变化情况。结果表明,超高压和壳聚糖涂膜处理均能显著降低板栗呼吸强度和腐烂率,减缓淀粉降解,且超高压处理效果更强;超高压处理是降低虫果率的主要因素,但对抑制水分蒸发无明显效果,壳聚糖涂膜是抑制水分蒸发的主要因素,但无杀虫效果;超高压和壳聚糖涂膜结合处理板栗,能在抑制呼吸、杀菌、灭虫、减缓淀粉降解以及减轻质量损失等方面产生显著的协同互补效应,从而提高板栗贮藏效果。因此,在2~10℃下贮藏120 d,板栗腐烂率为5.21%,虫果率2.82%,质量损失率4.73%,贮藏效果优良。

关键词 板栗;超高压;壳聚糖;涂膜;保藏

板栗(*Castanea mollissima* Blume)为壳斗科栗属坚果类植物,我国板栗年产量占世界50%以上^[1]。我国板栗产地多为山区,通常采用简易设施于常温下贮藏,效果很差,损失高达20%~50%^[2],造成极大的资源浪费和经济损失。

目前,有关板栗常温贮藏技术的研究报道主要有防腐剂处理、热处理、微波处理、辐照处理及涂膜处理等,研究内容主要涉及抑制板栗贮藏期间的呼吸强度,杀灭病原菌以减轻板栗腐烂,抑制水分蒸发等,以及贮藏期间板栗的生理、化学、微生物、酶及感官等指标变化进行的研究^[3-7]。综合来看,杀菌效率有限,特别是对果实内部病原菌难以杀灭,对呼吸强度的抑制不彻底,尤其是对虫害导致的板栗贮藏损失研究较少是目前板栗采后贮藏技术研究中存在的主要问题。

超高压(ultra high pressure, UHP)是目前研究和应用最为广泛的非热杀菌技术之一,可抑制或杀死食品中的微生物,还能使食品中的酶完全或部分失活,从而达到延长食品保藏期的效果^[8],因此被广泛应用于果汁、水产、肉制品、冷鲜肉、鲜切果蔬等产品的保鲜^[9-14]。在板栗保藏方面,郭豪宁等^[15-16]研究了超高压处理板栗的微生物及风味物质变化,但并未涉及对板栗呼吸生理、水分蒸发及虫害的影响,此外无相关报道。壳聚糖具有良好的成膜性和抑菌抗菌性,涂膜后可封闭板栗壳面的气孔和缝隙,使果实内部形

成高CO₂低O₂的气调微环境,同时抑制乙烯的释放,从而延缓果蔬衰老^[17],用于板栗涂膜保藏也有较多报道^[18]。但壳聚糖涂膜杀菌效率有限,且对板栗虫害的影响也无研究。本研究就是利用超高压安全高效的杀菌效率,以杀灭板栗表面及内部的病原菌,特别是超高压对污染板栗的幼虫及虫卵的破坏作用,并结合壳聚糖涂膜处理板栗,探讨两者在杀菌、抑制呼吸强度和水分蒸发,尤其是对减轻虫害的协同互补效应,以寻求板栗贮藏的新方法。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

板栗:市场购买的湖南湘西地区种植的“油光栗”品种,10月下旬采收;壳聚糖(食品级,脱乙酰度>92%):江苏采薇生物科技公司,其他试剂均为分析纯。

1.2 仪器与设备

超高压设备(HPP. L2-600/5),天津华泰森森生物工程有限公司;电子分析天平(AEU-220),湘仪天平仪器公司;可见分光光度计(722-100),上海天普分析仪器公司;便携式红外线CO₂分析仪(GXH-3010E),北京华云分析仪器公司。

1.3 方法

1.3.1 板栗处理方法

选用外壳完整,果粒饱满,光泽感好,无畸形、霉变、生虫等现象的新鲜板栗,随机分为12组,每组合5.0 kg。按表1所示方法处理,每个处理重复3组,

第一作者:硕士,教授(本文通讯作者, E-mail: gry8565398@163.com)。

收稿日期:2019-08-05, 改回日期:2019-09-08

处理完后用塑料桶盛装,加盖,放置于阴凉干燥、通风良好的环境存放(贮藏期间室内温度为 2 ~ 10 ℃,相对湿度 85% ~ 90%)。首先取鲜果测定呼吸强度、淀粉含量为基础数据,之后每 10 d 测定呼吸强度、淀粉含量、腐烂率、虫果率及质量损失率,评价保藏效果。

表 1 板栗贮藏处理方法

处理组	处理方法	备注
A 组(对照组)	板栗不经处理存放	
B 组(超高压)	板栗装袋,抽真空密封,置 350 MPa 保持 10 min,破除包装袋,装桶存放	超高压处理条件参考文献 ^[15] 及预试验确定。
C 组(涂膜)	用质量分数为 1.0 % 的乙酸为溶剂,配制质量分数 2.0 % 的壳聚糖溶液为涂膜液。板栗于涂膜液中浸泡 1 min,捞出晾干,装桶存放	涂膜处理条件参考文献 ^[6] 及预试验确定。
D 组(超高压 + 涂膜)	先按 B 组方法超高压处理(350 MPa 保持 10 min),再按 C 组方法涂膜,装桶存放	

1.3.2 指标测定

1.3.2.1 呼吸强度测定

参照文献^[19]的静置法略作改动:先测环境中 CO₂ 含量,贮藏期间按时取每组品质完好的板栗样品 100 g,置于 1 L 锥形瓶中,用多层封口膜扎紧瓶口密封,20 ℃ 下贮藏 1 h,测定锥形瓶内 CO₂ 含量,计算呼吸强度,同一处理取 3 组重复平均值。呼吸强度以每千克样品每小时释放的 CO₂ 质量表示,即 mg CO₂/(kg · h)。

1.3.2.2 淀粉含量测定

参考文献^[20]的 3,5-二硝基水杨酸比色法测定淀粉含量:首先测定样品中的本底还原糖含量,再对样品加盐酸水解后测定总还原糖含量,两者相减再乘以折算系数 0.9 即得样品中淀粉含量。同一处理取 3 组重复平均值。

1.3.2.3 质量损失率测定

先测每组板栗贮藏前质量,再测贮藏期间每组板栗质量(取样做其他项目测定的板栗质量需计算在内)。按公式(1)计算质量损失率,同一处理取 3 组重复的平均值。

质量损失率 / % = $\frac{\text{贮藏前质量} - \text{贮藏期间质量}}{\text{贮藏前质量}} \times 100$ (1)

1.3.2.4 腐烂率及虫果率测定

分别从每组板栗中随机取样约 50 粒,切开观察,分别拣出有发霉等症状的腐烂果实及有虫卵和生虫症状的虫果。按公式(2)计算腐烂率,公式(3)计算虫果率,同一处理取 3 组重复的平均值。

腐烂率 / % = $\frac{\text{腐烂果实粒数}}{\text{取样果实总粒数}} \times 100$ (2)

虫果率 / % = $\frac{\text{生虫果实粒数}}{\text{取样果实总粒数}} \times 100$ (3)

1.3.3 数据处理

采用 Excell 2013 软件制图,采用 Minitab16 软件对试验数据进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 板栗贮藏期间呼吸强度变化

各处理组板栗贮藏期间的呼吸强度变化见图 1。

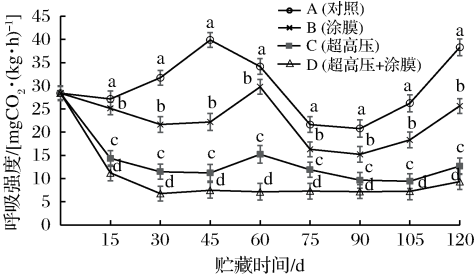


图 1 板栗贮藏期间呼吸强度变化

Fig. 1 Changes of respiration intensity of chestnuts during storage

注:图中同一贮藏时间对应的四组处理结果标注字母不相同为差异显著(P < 0.05),字母相同为差异不显著(P > 0.05)。下同。

呼吸强度大则表示果实的呼吸作用旺盛,生理代谢及物质消耗速度快,果实贮藏寿命短。所以降低呼吸强度也是延长果实贮藏寿命的首要措施。

由图 1 可见,A 组(对照)板栗贮藏过程中的呼吸强度变化可分为个阶段:贮藏初期(0 ~ 30 d),呼吸强度略有升高,但基本稳定;呼吸高峰期(30 ~ 75 d),呼吸强度先快速增强,至 45 d 达到峰值,之后快速下降;休眠期(75 ~ 105 d),板栗组织进入休眠状态,呼吸强度又保持较低的水平;萌发期(105 ~ 120 d),板栗萌发,呼吸强度快速升高,物质消耗加剧,贮藏寿命即将终结。本试验测定板栗具有明显的呼吸高峰,应属于呼吸跃变型果实,与叶利民等^[21]、王彦祥^[22]、贾爱军等^[23]的研究结论一致,但有关板栗的呼吸类型文献报道并不一致,原因可能是研究者所采用的板栗品种不同所致。

B 组(涂膜)板栗同一贮藏时间下的呼吸强度均显著低于对照(P < 0.05),呼吸高峰比对照推迟 15 d,且峰值较对照降低了 25.3 %。表明壳聚糖涂膜能有效降低板栗呼吸强度。C 组(超高压)板栗呼吸强度在贮藏初期即快速下降,第 60 天出现呼吸高峰,之后一直保持较低水平;在同一贮藏期时间下,其呼吸强度

显著低于 A 组和 B 组 ($P < 0.05$), 呼吸高峰值较 A 组和 B 组分别降低 61.8 % 和 48.9 %。超高压处理能破坏与呼吸相关的酶类, 导致贮藏期间板栗呼吸强度降低, 其效果明显强于单纯的壳聚糖涂膜处理。D 组 (超高压 + 涂膜) 板栗初期快速下降, 之后一直保持较低水平, 已无明显的呼吸高峰; 同一贮藏时间下, 呼吸强度分别比 B 和 C 组降低了 60.5 % ~ 76.0 % 和 21.8 % ~ 53.1 %, 且差异显著 ($P < 0.05$)。表明超高压和壳聚糖涂膜联合处理对降低板栗呼吸强度具有协同效应, 效果显著强于其各自单独处理。

2.2 板栗贮藏期间淀粉含量变化

各处理组板栗贮藏期间淀粉含量变化见图 2。

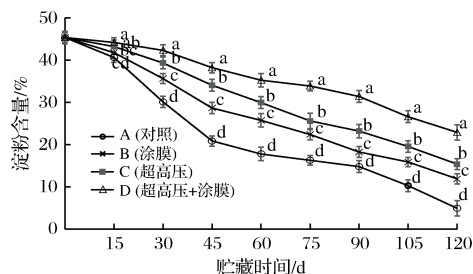


图2 板栗贮藏期间淀粉含量变化

Fig. 2 Changes of starch content of chestnuts during storage

板栗贮藏期间, 淀粉水解为单糖, 再经呼吸作用而消耗。因此, 淀粉水解速度快, 板栗呼吸强度大, 则淀粉含量下降也快。淀粉含量是衡量贮藏性状的重要指标。

由图 2 可见, A 组 (对照) 板栗在 0 ~ 15 d 时淀粉降低较慢, 30 ~ 60 d 因板栗进入呼吸高峰期而导致淀粉含量快速下降, 60 ~ 90 d 板栗处于休眠阶段淀粉降低较慢, 之后因为萌发而快速消耗。同一贮藏时间下与 A 组 (对照) 相比, B 组 (涂膜) 淀粉含量高于 A 组 (第 30 天起差异显著, $P < 0.05$), C 组 (超高压) 和 D 组 (超高压 + 涂膜) 淀粉含量显著高于 A 组 ($P < 0.05$)。表明 3 种处理措施均能有效减缓淀粉水解和呼吸消耗的速度, 而有利于板栗贮藏。同一贮藏时间下 3 个处理组相比较, 淀粉含量为 D 组 > C 组 > B 组, 且具有显著差异 ($P < 0.05$); 贮藏至 120 d 时, A、B、C、D 组的淀粉含量分别为 4.87 %、11.86 %、15.36 %、22.88 %。表明超高压处理对于减缓淀粉水解和消耗速度的效果优于壳聚糖涂膜, 两者联合处理则具有明显的协同效应, 效果优于各自单独处理。

2.3 板栗贮藏期间质量损失率的变化

各处理组板栗贮藏期间质量损失率变化见图 3。

板栗贮藏期间的质量损失主要是水分蒸发以及

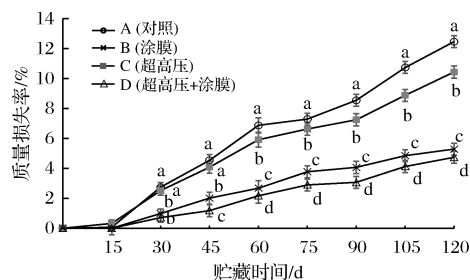


图3 板栗贮藏期间质量损失率变化

Fig. 3 Changes of weight loss rate of chestnuts during storage

少量因呼吸导致的物质消耗。一般失水超过 5 % 即会干缩, 逐步出现“石灰化”现象, 并导致贮藏性和抗病性降低, 影响其贮藏寿命。

由图 3 可见, A 组 (对照) 质量损失率在 0 ~ 15 d 变化较慢 (< 0.61 %), 15 ~ 60 d 快速上升 (0.61 % ~ 6.87 %), 60 ~ 90 d 又趋于平缓 (6.87 % ~ 8.54 %), 90 d 后再次快速升高, 贮藏 120 d 质量损失率已达 12.46 %。C 组 (超高压) 变化规律与对照组相仿, 同一贮藏时间下, 45 d 内质量损失低于对照, 但差异不显著 ($P > 0.05$), 60 d 起质量损失率显著低于对照 ($P < 0.05$); 贮藏 120 d 质量损失率达 10.43 %。超高压处理主要是通过降低呼吸强度而减少物质消耗, 并无阻止水分蒸发的作用, 因此对减缓总体质量损失率的效果有限。B 组 (涂膜) 质量损失率第 30 天起显著低于 A 组和 C 组 ($P < 0.05$), 第 120 天质量损失率仅为 5.28 %。涂膜处理可闭塞板栗壳上的气孔和裂缝, 有效组织内部水分的蒸发, 是减缓板栗质量损失的关键因素。D 组 (超高压 + 涂膜) 质量损失第 45 天起显著低于 B 组, 贮藏 120 d 质量损失为 4.73 %, 效果优于单纯涂膜处理, 表明超高压与涂膜联合对于减少板栗质量损失具有协同效应。

2.4 板栗贮藏期间腐烂率的变化

各处理组板栗贮藏期间腐烂率变化见图 4。

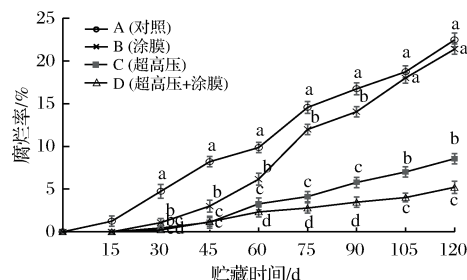


图4 板栗贮藏期间腐烂率变化

Fig. 4 Changes of decay rate of chestnuts during storage

板栗腐烂主要是微生物导致, 超高压处理能有效

杀灭微生物,壳聚糖也具有杀菌功能,因而能用于减轻板栗的腐烂。

由图4可见,A组(对照)贮藏15 d已有1.24%的腐烂率,之后腐烂率较快上升,至120 d时达22.46%,成为贮藏损失的重要途径。B组(涂膜)板栗腐烂率低于对照组,两者腐烂率差值呈现由小到大再到小的变化趋势,第45天差值达最大(相差5.20%);90 d内2组腐烂率差异显著($P < 0.05$),第105天起差异不显著,贮藏120 d腐烂率为21.38%。壳聚糖具有良好的杀菌作用,所以能显著降减轻板栗腐烂,但杀菌并不彻底,尤其是对存在于果实内部的微生物处理能力有限,导致贮藏后期板栗腐烂率偏高。C组(超高压)板栗腐烂率低于B组,第45天起差异显著($P < 0.05$),贮藏120 d腐烂率为8.56%。表明超高压处理的杀菌能力强于壳聚糖涂膜,尤其是对果实内部的微生物有彻底的杀灭效果,是减轻板栗腐烂的有力措施。D组(超高压+涂膜)板栗腐烂率第60天起显著低于C组,贮藏120 d腐烂率仅为5.21%。表明超高压和壳聚糖涂膜处理对减轻板栗腐烂的效果具有协同效应,效果优于各自单独处理。

2.5 板栗贮藏期间虫果率的变化

各处理组板栗贮藏期间虫果率变化见图5。

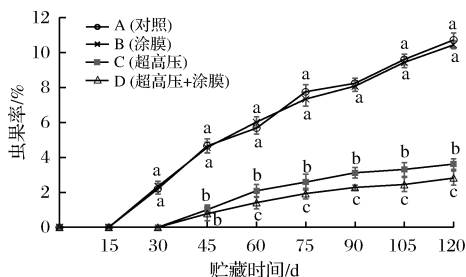


图5 板栗贮藏期间虫果率变化

Fig. 5 Changes of pest fruit rate of chestnuts during storage

板栗在生长期因污染幼虫或虫卵,导致贮藏期间出现虫蚀,是板栗贮藏损失的重要途径之一。

由图5可见,A组(对照)贮藏至第30天即有2.21%的虫果率,之后虫果率逐渐加大,贮藏120 d时虫果率达10.72%。B组(涂膜)板栗虫果率变化与对照组基本一致,贮藏120 d时虫果率达10.44%。表明壳聚糖涂膜处理对减轻板栗虫害无效果。C组(超高压)板栗贮藏30 d内无虫害检出,第45天虫果率1.01%,贮藏120 d时虫果率3.62%,均显著低于A、B组($P < 0.05$)。表明超高压处理能有效杀灭果实中污染的幼虫和虫卵,是减轻板栗贮藏虫害的有

效措施。D组(超高压+涂膜)板栗虫果率低于C组,第60天起两者差异显著($P < 0.05$),贮藏120 d时虫果率仅为2.82%。表明壳聚糖涂膜单独处理对减轻虫害无效,但能显著增强超高压处理的防虫害效果,其原因可能是涂膜所造成果实内低 O_2 高 CO_2 微环境,不能明显影响正常虫卵的发育生长,但却能抑制经超高压处理适度受损的虫卵的发育。

3 结论

超高压处理(350 MPa/10 min)可破坏有关酶类而有效降低板栗贮藏期间的呼吸强度及抑制呼吸高峰,减缓淀粉的水解和呼吸消耗的速度,并能有效杀灭病原微生物而降低板栗腐烂率,尤其是能有效杀灭污染板栗的虫卵及幼虫,减低板栗因生虫而导致的损失,但是对抑制板栗水分蒸发效果有限。2.0% (质量分数)壳聚糖涂膜处理板栗,也具有抑制呼吸强度,减缓淀粉水解和消耗,杀灭病原微生物的效果,尤其是减轻水分损失的主要手段,无直接杀灭虫卵和幼虫的作用,但可有效抑制超高压处理后虫卵的发育,协同增强超高压处理的防虫效果。

超高压(350 MPa/10 min)和2.0% (质量分数)壳聚糖涂膜结合处理板栗,能在抑制呼吸、杀菌、灭虫、减缓淀粉的降解以及减轻质量损失等方面发挥显著地协同互补效应,增强板栗贮藏效果,提高产品品质。经此处理的板栗在常温(2~10℃)下贮藏120 d,腐烂率为5.21%,虫果率2.82%,质量损失率4.73%。

试验测定油光板栗采后具有明显的呼吸高峰,属高峰型果实。现有文献报道的板栗的呼吸类型并不一致,是否单纯的由于板栗品种差异所导致,尚需进一步研究。

参 考 文 献

- [1] 张倍宁,朱晓燕,赖健. 板栗湿冷臭氧水处理贮藏保鲜研究[J]. 食品科学,2011,32(16):361-364.
- [2] 朱建华,杨爱民,游玮. 板栗简易高效贮藏方法试验与分析[J]. 陕西林业科技,2014(6):37-38;42.
- [3] 郭豪宁,王金糖,赵玉华,等. 延长“峰甘”板栗货架期保鲜剂配方的优化[J]. 河北科技师范学院学报,2016,30(3):31-36.
- [4] 张淑媛,伍晓聪,金文萃,等. 低功率微波处理对板栗低温贮藏生理及品质的影响[J]. 食品与机械,2017,33(6):119-123.
- [5] 郭豪宁,赵玉华,常学东. 辐照对峰甘板栗货架品质的影响[J]. 食品科学,2016,37(18):262-267.

- [6] 兰霜,黎厚斌,吴习宇.壳聚糖复合涂膜对板栗保鲜效果的影响研究[J].包装学报,2017,9(1):85-92.
- [7] 韩军岐,赵妙,张有林.热处理与冰温处理对板栗贮藏效应的影响[J].天然产物研究与开发,2010,22(5):859-862;866.
- [8] 许世闯,徐宝才,奚秀秀,等.超高压技术及其在食品中的应用进展[J].河南工业大学学报(自然科学版),2016,37(5):111-117.
- [9] 贾蒙,成传香,王鹏旭,等.超高压技术在果蔬汁杀菌中的应用[J].食品与发酵工业,2019,45(12):257-264.
- [10] 陈扬易,谢晶,钟小凡,等.超高压处理技术在水产品保鲜中的研究进展[J].食品与机械,2015,31(4):266-270.
- [11] 郭丽萍,乔宇,熊光权,等.复合保鲜剂协同超高压对鲈鱼贮藏品质的影响[J].食品工业科技,2019,40(1):269-274.
- [12] 刘杨铭,卢士玲,王庆玲,等.超高压杀菌对酱卤肉制品的影响研究进展[J].肉类研究,2017,31(8):55-59.
- [13] 赵菲,刘敬斌,关文强,等.超高压处理对冰温保鲜牛肉品质的影响[J].食品科学,2015,36(2):238-241.
- [14] 张涛,王庆新,江波,等.超高压处理对轻度加工茭白保鲜的影响[J].食品与发酵工业,2009,35(2):189-193.
- [15] 郭豪宁,赵玉华,常学东,等.超高压对峰甘板栗中主要微生物的影响及其货架期预测[J].食品与发酵工业,2016,42(10):189-195.
- [16] 郭豪宁,赵玉华,常学东.超高压对峰甘板栗风味物质及理化性状的影响[J].食品安全质量检测学报,2016,7(9):3 692-3 702.
- [17] 吴子龙,张浩,王泽熙,等.壳聚糖-姜精油复合涂膜对圣女果保鲜效果的影响[J].中国食品添加剂,2018(7):144-149.
- [18] 李莉.壳聚糖处理对板栗生理及贮藏效果影响[D].杨陵:西北农林科技大学,2008.
- [19] 张洪翠,李云云,靳苗苗,等.乙醇熏蒸对双孢蘑菇保鲜品质的影响[J].食品与发酵工业,2018,44(6):187-194.
- [20] 郭有辉,胡露,王丽娜,等.3,5-二硝基水杨酸比色法测定风味鱿鱼中淀粉及蔗糖的含量[J].食品安全质量检测学报,2018,9(18):4 983-4 987.
- [21] 叶利民,徐芬芬.水杨酸对冷藏板栗贮藏效果的影响[J].生物加工过程,2011,9(3):57-60.
- [22] 王彦祥. γ 射线辐照对板栗贮藏及生理生化特性的影响[D].南宁:广西大学,2011.
- [23] 贾爱军,韩艳文,邓冰,等.保鲜剂与臭氧处理对冰温MA贮藏板栗生理及品质的影响[J].食品研究与开发,2014,35(18):100-103.

Effects of ultra-high pressure combined with chitosan coating on preservation of Chinese chestnuts

GU Renyong^{*}, YANG Wangen

(College of Chemistry and Chemical Engineering, Jishou University, Jishou 416000, China)

ABSTRACT In order to evaluate the effect of ultra-high pressure(350MPa/10min) combined with 2.0% chitosan coating treatment on the storage quality of Chinese chestnuts, this study determines the changes in respiratory intensity, starch content, decay rate, weight loss rate and pest-infected fruit rate during single treatment of ultra-high pressure and chitosan coating as well as the combination of two treatments. It was found that the chestnuts showed good storage results when stored at temperatures of 2-10 °C for 120 days, with the decay rate of 5.21 %, the pest-infected fruit rate of 2.82 %, and the weight loss rate of 4.73 %. The results indicated that ultra-high pressure and chitosan coating were significantly effective in reducing respiratory intensity, fruit decaying and starch degradations, of which the effect of ultra-high pressure was better than chitosan coating in this regard. Ultra-high pressure mainly contributed to the reduce of pest-infected fruit rate, but had no obvious effect on preventing water loss. On the other hand, chitosan coating was the primary factor to reduce water loss, but did not affect disinfestation. However, a combination of both two treatments produced significant synergistic and complementary effects in inhibiting breathing, sterilization, disinfestation, reducing starch degradation and reducing quality loss, thus improving chestnut storage effect.

Key words Chinese chestnuts; ultra-high pressure; chitosan; coating; preservation