

“吊挂式”窖藏对冬季白菜贮藏品质及 活性氧代谢的保鲜作用分析

阿塔吾拉·铁木尔¹, 阿布来克·尼牙孜², 田全明¹, 张健¹, 徐斌¹, 吴斌¹

(1. 新疆农业科学院农产品贮藏加工研究所/新疆农产品加工与保鲜重点实验室, 乌鲁木齐 830091;

2. 新疆农业科学院吐鲁番农业科学研究所, 新疆吐鲁番 838000)

摘要:【目的】研究不同贮藏方式对白菜品质及活性氧代谢的调节作用,为白菜采后贮运方面的新工艺提供技术支持。【方法】采用带根捆叶、削根捆叶、带根散叶、削根散叶的吊挂式方式贮藏,研究吊挂式窖藏对白菜腐烂及发病的影响。【结果】带根捆叶处理能延缓白菜的腐烂率、VC的降低及粗纤维的合成,提高了POD、SOD、APX的活性,减少了硝酸盐和亚硝酸盐的产生。贮藏90 d时带根捆叶处理组中VC的含量为0.45 mg/100g,可溶性蛋白的含量为0.88 mg/g。POD、SOD、APX、CAT活性分别为12.43、0.83、25.12和1.21 U,分别是对照组的1.35、1.44、1.56、1.69倍。【结论】带根捆叶处理能较好的维持白菜的采后品质,提高了白菜的抗氧化能力,延缓了白菜腐烂,延长了白菜货架期。

关键词:吊挂式;白菜;采后品质;活性氧代谢

中图分类号:S634.1

文献标识码:A

文章编号:1001-4330(2022)05-1292-09

0 引言

【研究意义】白菜为十字花科芸苔属芸苔种白菜亚种的一个变种,以绿叶为产品的一年生草本植物^[1],其品种有乌金白、蚕白菜、鸡冠白、雪里青等。大白菜的营养成分丰富^[2]。白菜属于叶菜类,其组织柔嫩、含水量高、营养物质丰富、易受机械损伤和微生物的浸染,导致品质下降,甚至失去营养价值和商品价值。研究采用不同的贮藏方式贮藏白菜,对白菜保鲜具有实际意义。【前人研究进展】大白菜贮藏方法有露地贮藏、堆藏、窖藏、假植贮藏、冷库贮藏、强制通风等^[3-5]贮藏方式延长其货架期,这些方法中采用的冷藏设施一次性投入较大,难以大规模推广应用。大白菜在种植过程中如过度施用氮肥,会使其富集硝酸盐和亚硝酸盐,而在贮藏过程中硝酸盐在硝酸还原酶和微生物的作用下进一步转变成亚硝酸

盐^[6]。利用低温处理小白菜时,随着温度不断降低,VC和叶绿素的降解及呼吸频率和失重率逐渐下降,低温处理可有效抑制小白菜的生理活性^[8]。生理低温虽然能够在一定程度上延长贮藏期,但随着贮藏期的延长,大白菜的营养品质和生化指标严重下降,影响其实用价值^[9]。一定浓度的CO₂能抑制果蔬的呼吸作用,延长其保质期。4%~5% CO₂浓度可以明显延迟白菜外叶的衰老,提高其贮藏商品率^[10]。【本研究切入点】不同贮藏方式对白菜品质及活性氧代谢影响不同。通过对白菜带根捆叶的处理方式,分析白菜在贮藏过程中的腐烂及发病情况,在于不同处理方式下分析白菜最佳的贮藏处理方式。【拟解决的关键问题】采用带根捆叶、削根捆叶、带根散叶、削根散叶的吊挂式贮藏方式进行贮藏,研究带根捆叶的处理方式对白菜营养成分和活性氧代谢的影响,为白菜采后贮运提供科学依据。

收稿日期(Received):2021-11-05

基金项目:兵团财政科技计划项目重点领域科技攻关计划(2020AB008);新疆农业科学院青年基金项目(xjny-2017001)

作者简介:阿塔吾拉·铁木尔(1988-),新疆乌鲁木齐人,男,助理研究员,硕士,研究方向为农产品贮运与加工,(E-mail)1774721748@qq.com

通信作者:吴斌(1973-),男,新疆塔城人,研究员,研究方向为农产品贮藏与保鲜,(E-mail)42042615@qq.com

1 材料与方 法

1.1 材 料

1.1.1 大 白 菜

收 9 成熟的大白菜时,按带根、削根两种方式采收,采收后贮藏是分别按捆叶和散叶两种方式进行“吊挂式”窖藏(窖藏温度为 4℃、湿度为 92%),共有 4 个处理,以自然窖藏(温度为 4℃、湿度为 92%)为对照,每隔 30 d 监测失重、腐烂情况,筛选适宜的采收方式和贮藏方式。

1.1.2 仪 器 与 试 剂

PARI BOY SX 型雾化器(德国 PARI GmbH),GY-4 型硬度计(艾德堡仪器有限公司),PAL-1 手持数显折糖仪(上海精密科学仪器有限公司),GL-20G-II 型高速冷冻离心机(上海安亭科学仪器厂),紫外可见分光光度计(UVmini-1240 日本岛津公司),SPX-100B-Z 生化培养箱(上海博讯实业有限公司医疗设备厂)DK-S26 电热恒温水浴锅(上海森信实验仪器有限公司)。

三氯乙酸($C_2HCl_3O_2$)、硫代巴比妥酸($C_4H_4N_2O_2S$)、无水乙醇(C_2H_6O)、氯化硝基四氮唑蓝($C_{40}H_{30}N_{10}O_6 \cdot 2Cl$)、硝普钠($Na_2[Fe(CN)_5NO] \cdot 2H_2O$)、磷酸二氢钾(KH_2PO_4)天津亿创科技有限公司;核黄素($C_{17}H_{20}N_4O_6$)、甲硫氨酸($C_5H_{11}O_2NS$)、磷酸氢二钾($K_2HPO_4 \cdot 3H_2O$)天津亿创科技有限公司;过氧化氢(H_2O_2)、抗坏血酸($C_6H_8O_6$)乙二胺四乙酸($C_{10}H_{16}N_2O_8$)天津致远化学试剂厂;石英砂、愈创木酚($C_7H_8O_2$)、聚维酮、无水乙醇(C_2H_6O)、磷酸(H_3PO_4)天津市福晨化学试剂厂;试剂均为分析纯。

1.2 方 法

1.2.1 试 验 设 计

采用“吊挂式”窖藏,共有 4 个处理,以自然窖藏为对照,每隔 30 d 监测失重、腐烂情况,筛选适宜的采收方式和贮藏方式。

1.2.2 指 标 测 定

1.2.2.1 失 重 率

贮藏过程中自采收开始每隔 30 d 测定 1 次。每株白菜称重,测定重复 4 次,计算失重率。

失重率(%) =

$$\frac{\text{采收时的重量} - \text{测定时的重量}}{\text{采收时的重量}} \times 100\% \quad (1)$$

1.2.2.2 腐 烂 率

$$\text{腐烂率}(\%) = \frac{\text{白菜的腐烂质量}}{\text{白菜的总质量}} \times 100\% \quad (2)$$

1.2.2.3 VC 含 量

VC 含量的测定参考曹建康等^[11]的方法。

1.2.2.4 粗 纤 维

纤维素含量的测定参照 Zhao 等^[12]的方法。

1.2.2.5 可 溶 性 蛋 白

采用考马斯亮蓝法^[13]。

1.2.2.6 酶 液 提 取

参照 Ali 等^[14]的方法,稍作修改。取 5.0 g 冷冻组织于 5 mL 磷酸盐溶液(pH 5.5)中研磨匀浆,8 000 r/min 离心 15 min,收集上清液,测定 CAT、APX、SOD、POD、活力。

1.2.2.7 过 氧 化 物 酶(POD)活 性

POD 活性的测定参照 Parafati 等^[15]方法,向试管中加入 3 mL 磷酸缓冲溶液(pH 7.8, 50 mmol/L)、220 μ L 0.3% (v/v)愈创木酚和 20 μ L 粗酶液。加入 0.3% (v/v) H_2O_2 后立即在 470 nm 下测定 2 min 内吸光度值的变化。1 单位的 POD 酶活定义为 1 min 内吸光度值增加 0.01(U)。

1.2.2.8 过 氧 化 氢 酶(CAT)活 性

CAT 活性的测定参照曹建康等^[11]方法,稍作修改。向试管中加入 100 μ L 粗酶和 2.9 mL 20 mmol/L 过氧化氢溶液。15 s 后记录反应体系在 240 nm 处的吸光值,作为初始值,每隔 30 s 记录 1 次,连续测定 6 个数据,重复 3 次。以 1 g 鲜重 1 min 吸光度变化值减少 0.01 为一个过氧化氢酶活性单位,用 U 表示。

1.2.2.9 超 氧 化 物 歧 化 酶(SOD)活 性

SOD 活性的测定参照曹建康等^[11]的方法,以 1 min 每克果蔬组织(鲜重)的反应体系对氮蓝四唑(NBT)光化还原的抑制为 50% 为 1 个超氧化物歧化酶活性单位(U)。

1.2.2.10 抗 坏 血 酸 过 氧 化 物 酶(APX)活 性

APX 活性的测定参照曹建康等^[11]的方法,稍加修改。向试管中加入磷酸钾缓冲液(50 mmol/L, pH 7.3)、1 mmol/L AsA、0.1 mmol/L EDTA、1 mmol/L H_2O_2 和 0.1 mL 上清液。1 个酶活单位定义为在 290 nm 下混合液吸光度变化 0.01,抗坏血酸过氧化物酶活性(U)。

1.2.2.11 硝酸盐、亚硝酸盐含量

参照唐志华等^[16]测定方法。

1.3 数据处理

使用 Excel 2019 件进行数据统计, GraphPad Prism8 软件作图, SPSS 20.0 软件进行显著性分析 ($P < 0.05$ 表示差异显著)。

2 结果与分析

2.1 带根捆叶吊挂式窖藏对白菜失重率的影响

研究表明,不同处理大白菜失重率均呈上升趋势。贮藏期间,不同贮藏方式与 CK 组相比显著性差异 ($P < 0.05$),其中带根捆叶贮藏组的大白菜失重率变化速率缓慢,带根捆叶的处理方式能阻碍水分的蒸发,具有一定的持水和保水作用。贮藏 60 d 时,带根捆叶组失重率为 $(0.64 \pm 0.06)\%$,与 CK 及其它贮藏组相比差异性显著 ($P < 0.05$)。贮藏结束时,削根捆叶和带根散叶处理组的失重率分别为 $(3.72 \pm 0.15)\%$ 、 $(3.52 \pm 0.12)\%$,与 CK 组相比失重率分别降低了 22.19% ($P < 0.05$)、53.72% ($P < 0.05$)。大白菜“吊挂式”窖藏中带根捆叶的处理方式能有效的延缓大白菜的失重率,较好的保持白菜品质。图 1

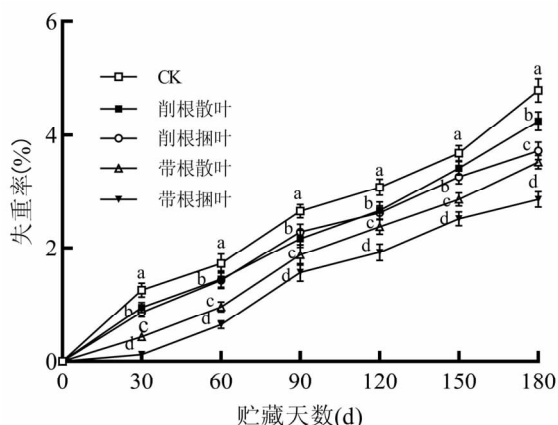


图 1 “吊挂式”窖藏下白菜失重率变化

Fig. 1 Effects of hanging cellaring on weight loss rate of Chinese cabbage

2.2 带根捆叶吊挂式窖藏对白菜腐烂率的影响

研究表明,各处理组大白菜的腐烂率呈上升趋势,各组处理间显著性差异 ($P < 0.05$)。除带根捆叶处理组外,其他处理组在第 120 d 时均出现了腐烂现象,CK 组大白菜的腐烂率为 12.36%。贮藏至 150 d 时,带根捆叶处理组的大白菜也出现腐烂现象,腐烂率为 1.52%,与 CK、削根捆叶、带根散叶处理组相

比,大白菜的腐烂率分别降低了 91.19% ($P < 0.05$)、85.29% ($P < 0.05$)、82.39% ($P < 0.05$)。带根捆叶的处理方式更好地保持大白菜的贮藏品质,降低大白菜的腐烂率。图 2

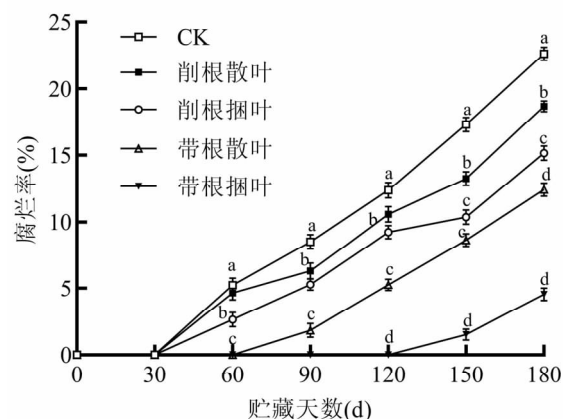


图 2 “吊挂式”窖藏下白菜腐烂率变化

Fig. 2 Effect of hanging cellaring on rot rate of Chinese cabbage

2.3 带根捆叶吊挂式窖藏对白菜 VC 含量的影响

研究表明,不同处理组的大白菜 VC 含量在贮藏期间均呈现下降趋势,其中带根捆叶贮藏组的大白菜 VC 含量下降趋势比较缓慢。贮藏 90 d 时,削根捆叶、带根散叶、带根捆叶 3 种不同的处理方式对大白菜贮藏期间的 VC 含量有显著性差异,VC 含量分别为 (0.37 ± 0.01) 、 (0.40 ± 0.01) 、 (0.45 ± 0.01) mg/g FW,比削根散叶贮藏组大白菜的 VC 含量分别提高了 3.39% ($P < 0.05$)、11.50% ($P < 0.05$)、19.93% ($P < 0.05$)。至贮藏结束时,削根散叶和削根捆叶处理组大白菜的 VC 含量无显著性差异 ($P > 0.05$),带根散叶处理组显著高于对照组 ($P < 0.05$)。随着贮藏时间的延长,大白菜的 VC 含量逐渐降低,“吊挂式”窖藏带根的处理方式能够保持大白菜贮藏期间的 VC 含量,保持蔬菜新鲜度。图 3

2.4 带根捆叶吊挂式窖藏对白菜粗纤维含量的影响

研究表明,不同处理组大白菜的粗纤维含量在贮藏期间均呈现上升趋势。白菜在贮藏过程中,叶片不断衰老。贮藏结束时,带根散叶和带根捆叶处理组大白菜的粗纤维含量分别为 (7.75 ± 0.17) 、 (6.93 ± 0.16) g/kg,与对照组大白菜的粗纤维含量相比分别降低了 13.39% ($P < 0.05$)、22.50% ($P < 0.05$)。“吊挂式”窖藏中带根捆叶的处理方式能有

效的降低大白菜的呼吸作用和蒸腾作用,延缓粗纤维的增长,较好的保持白菜品质。图 4

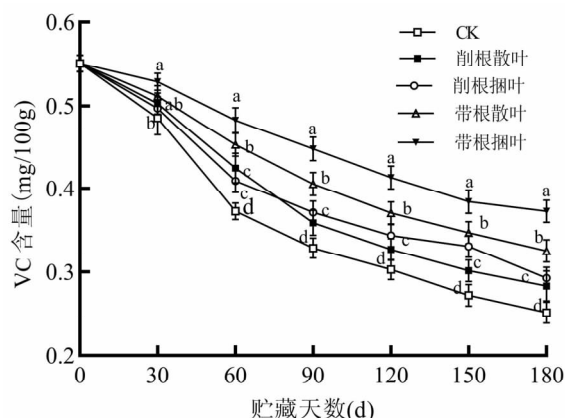


图 3 “吊挂式”窖藏下白菜 VC 含量变化

Fig. 3 Effect of hanging cellaring on VC content in Chinese cabbage

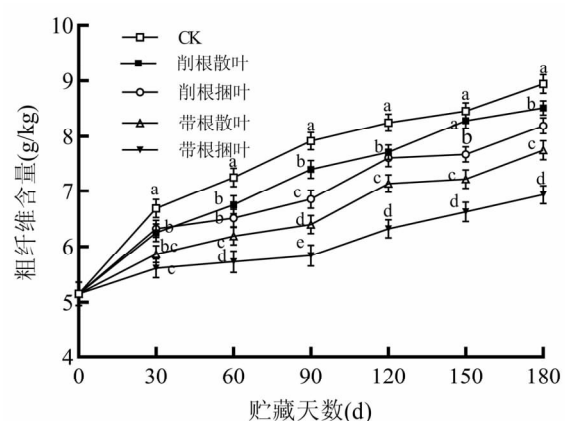


图 4 “吊挂式”窖藏下白菜粗纤维变化

Fig. 4 Effects of hang in cellaring on crude fiber of Chinese cabbage

2.5 带根捆叶吊挂式窖藏对白菜可溶性蛋白含量的影响

研究表明,不同贮藏组的大白菜可溶性蛋白含量在贮藏期间呈现先上升后下降的趋势。白菜采收后蛋白质降解速度降慢,造成蛋白质含量在贮藏过程中呈现不断上升的趋势,随着贮藏时间的延长,新陈代谢旺盛,蛋白酶活性较高,将蛋白质降解为多肽及游离氨基酸,蛋白质含量下降速度较快,白菜重量损失严重。贮藏 90 d 对照组与各处理组间的可溶性蛋白的含量分别为 0.52、0.70、0.75、0.81 和 0.88 g/kg,其中带根捆叶处理组的可溶性蛋白含量是对照组的 1.69 倍。贮藏结束时,带根捆叶处理组的白菜可溶性蛋白含量相比于对照组提高了 26.47% ($P < 0.05$)。带根

较好的保持白菜中的营养物质,提高了白菜在贮藏过程中的品质。图 5

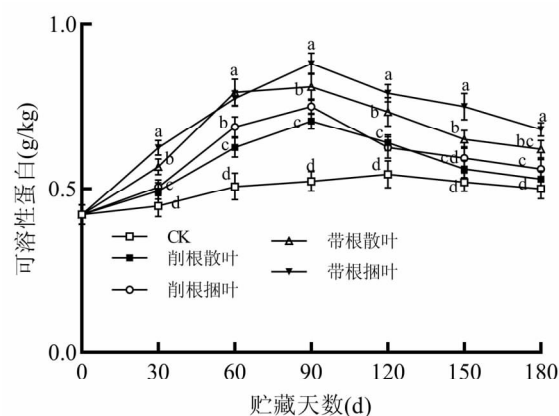


图 5 “吊挂式”窖藏下白菜可溶性

蛋白含量变化

Fig. 5 Effects of hanging cellaring on soluble protein content of Chinese cabbage

2.6 带根捆叶吊挂式窖藏对白菜 POD 的影响

研究表明,大白菜的 POD 活性随着贮藏时间的延长呈先上升后下降的变化趋势,除 CK 组外,其他处理组的变化较为显著。贮藏 90 d 时,POD 活性达到最高,带根捆叶处理组大白菜的 POD 活性与 CK、削根散叶处理组分别提高了 41.55% ($P < 0.05$)、23.32% ($P < 0.05$)。贮藏结束时,削根捆叶、带根散叶、带根捆叶处理组大白菜的 POD 活性分别为 (6.71 ± 0.43) 、 (7.88 ± 0.48) 、 (8.77 ± 0.52) U,与 CK 组相比分别提高了 16.72% ($P < 0.05$)、29.17% ($P < 0.05$)、36.35% ($P < 0.05$)。带根捆叶的处理方式能提高大白菜 POD 活性,一定程度上延缓了白菜的衰老。图 6

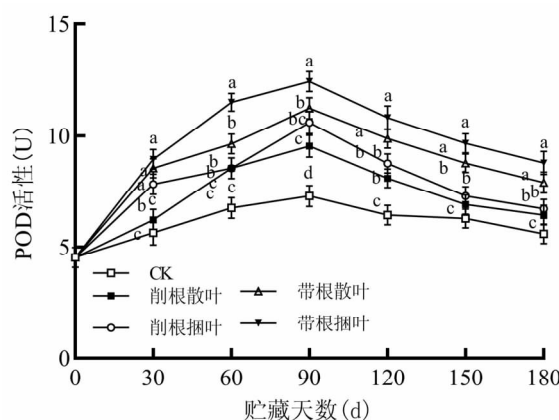


图 6 “吊挂式”窖藏下白菜 POD 活性变化

Fig. 6 Effect of hanging cellaring on POD activity of Chinese cabbage

2.7 带根捆叶吊挂式窖藏对白菜 SOD 的影响

研究表明,大白菜的 SOD 活性呈先下降后上升的变化趋势,随着贮藏时间的延长,不同处理组大白菜的 SOD 活性均出现了最低值。贮藏后期,带根捆叶贮藏组的大白菜 SOD 活性增加比较快,至贮藏结束时,削根捆叶、带根散叶、带根捆叶处理组大白菜的 SOD 活性分别为 (0.76 ± 0.03) 、 (0.80 ± 0.03) 、 (0.88 ± 0.03) U,比 CK 组相比分别提高了 17.99% ($P > 0.05$)、22.41% ($P < 0.05$)、28.90% ($P < 0.05$)。削根的处理方式对大白菜“吊挂式”窖藏有一定的影响,但带根捆叶的处理方式,能抑制大白菜 SOD 活性的降低,较好的保持了大白菜的品质。图 7

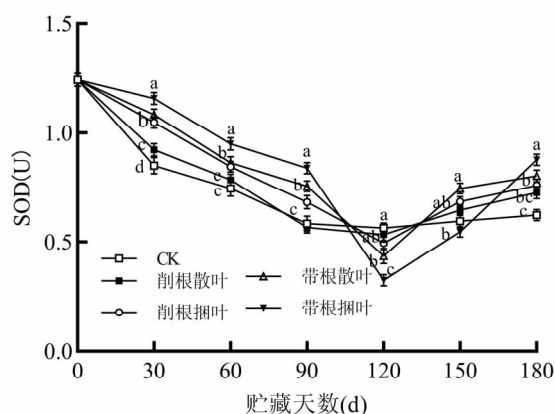


图 7 “吊挂式”窖藏下白菜 SOD 活性变化
Fig. 7 Effect of hanging cellarage on SOD activity of Chinese cabbage

2.8 带根捆叶吊挂式窖藏对白菜 CAT 的影响

研究表明,大白菜的 CAT 活性逐渐下降。贮藏前期,不同处理方式对大白菜的 CAT 活性变化影响不大,贮藏后期,不同处理间 CAT 活性差异性显著。贮藏至 90 d 时,带根捆叶处理组大白菜的 CAT 活性比 CK、削根捆叶处理组分别提高了 14.98% ($P < 0.05$)、11.64% ($P < 0.05$)。贮藏结束时,削根捆叶、带根散叶、带根捆叶处理组大白菜的 CAT 活性分别为 (1.08 ± 0.03) 、 (1.17 ± 0.02) 、 (1.27 ± 0.03) U,比 CK 组相比分别提高了 10.83% ($P < 0.05$)、17.56% ($P < 0.05$)、24.03% ($P < 0.05$)。带根捆叶的处理方式能有效的延缓大白菜中 CAT 活性的降低,其中带根捆叶的处理方式效果较为显著。图 8

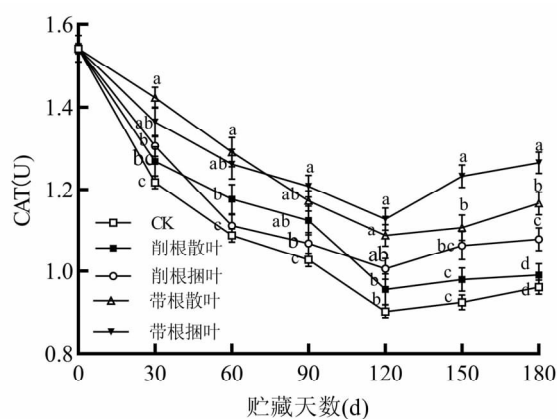


图 8 “吊挂式”窖藏下白菜 CAT 活性变化
Fig. 8 Effect of hanging cellarage on CAT activity of Chinese cabbage

2.9 带根捆叶吊挂式窖藏对白菜 APX 的影响

研究表明,随着贮藏时间的延长,不同处理组大白菜 APX 活性呈先上升后下降的变化趋势,贮藏至 60 d 时出现峰值。带根捆叶处理组大白菜 APX 活性高于削根散叶处理组,不同处理组的大白菜 APX 活性均高于自然贮藏组 (CK) ($P < 0.05$)。贮藏结束时,削根捆叶、带根散叶、带根捆叶处理组大白菜的 APX 活性分别是 CK 组的 1.22 ($P < 0.05$)、1.15 ($P < 0.05$) 和 1.27 ($P < 0.05$) 倍。大白菜“吊挂式”窖藏经过带根捆叶处理后,能较好的延缓衰老,延长大白菜的贮藏期。图 9

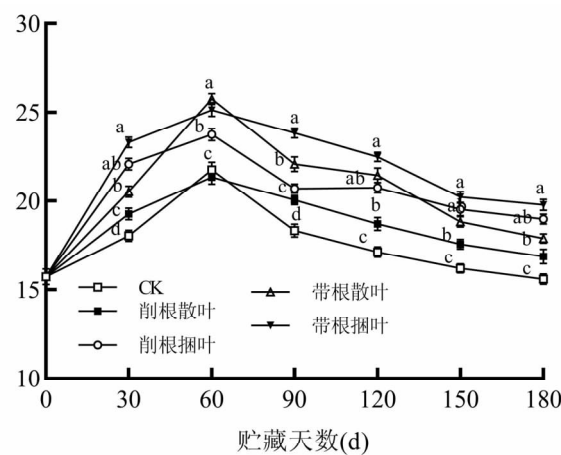


图 9 “吊挂式”窖藏下白菜 APX 活性变化
Fig. 9 Effect of hanging cellarage on APX activity of Chinese cabbage

2.10 带根捆叶吊挂式窖藏对白菜硝酸盐含量的影响

研究表明,贮藏 30 d 后硝酸盐的含量明显升高。各处理组在 90 d 后由于蔬菜严重失水后变质,感官质量明显下降。至贮藏结束时,带根捆叶处理组大白菜的硝酸盐含量分别比 CK、削根捆叶、带根散叶处理组降低了 35.84% ($P < 0.05$)、14.76% ($P < 0.05$) 和 15.96% ($P < 0.05$)。带根捆叶处理组的保鲜效果优于其他处理组。图 10

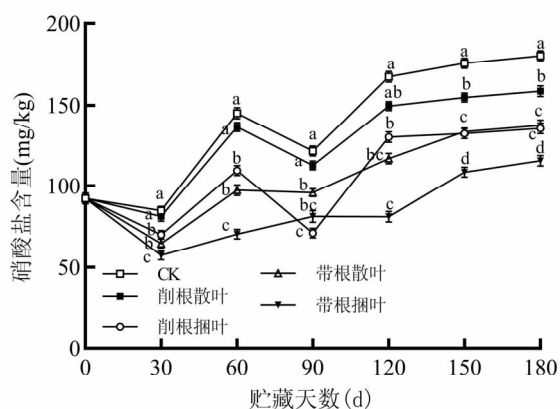


图 10 “吊挂式”窖藏下白菜硝酸盐含量变化
Fig. 10 Effects of hanging cellaring on nitrate content in Chinese cabbage

2.11 带根捆叶吊挂式窖藏对白菜亚硝酸盐含量的影响

研究表明,各处理组中的亚硝酸盐含量随着贮藏时间的延长而显著增加。贮藏至 150 d 时,自然贮藏组亚硝酸盐含量就超过了限量 4 mg/kg,不具有食用性。至贮藏结束时,CK、削根捆叶、带根散叶贮藏组大白菜的亚硝酸盐含量分别为 (4.56 ± 0.20) 、 (2.86 ± 0.17) 、 (2.14 ± 0.14) mg/kg,与带根捆叶处理组相比分别增加了 60.87% ($P < 0.05$)、37.50% ($P < 0.05$) 和 16.39% ($P < 0.05$)。大白菜“吊挂式”窖藏过程中,经过带根捆叶处理后,增强了食用安全性。图 11

3 讨论

失重率是大白菜贮藏过程中品质高低的重要指标,失重率低的大白菜,水润饱满,具有较高的商业价值^[17]。带根捆叶的处理方式在贮藏过程中减少了与空气的接触,从而延缓了水分的散失,

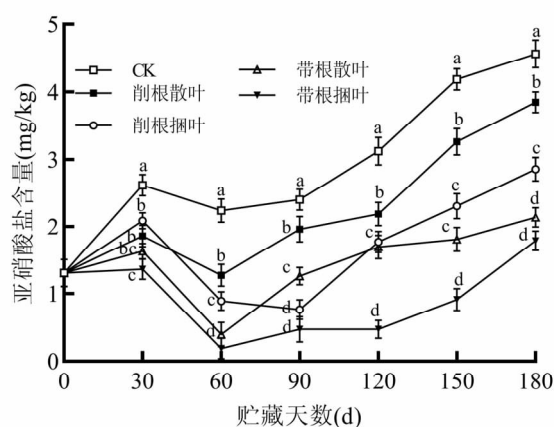


图 11 “吊挂式”窖藏下白菜亚硝酸盐含量变化
Fig. 11 effect of hanging cellaring on nitrate content of Cabbage

较好的保持了白菜品质。采用不同贮藏方式处理白菜后发现,贮藏过程中处理组的水分含量变化显著低于对照组,达到较好的保鲜效果^[18]。试验中,对照组失重率是带根捆叶处理组的 1.67 倍,与前人的研究一致。贮藏初期,带根捆叶处理组 VC 含量与对照组之间无显著性差异,贮藏后期带根捆叶、带根散叶的 VC 含量显著高于对照组,贮藏期大于 60 d 的情况下,带根捆叶处理组能较好的保持 VC 含量,带根捆叶处理可以较好的保持果蔬的营养成分,显著抑制 VC 的分解。

粗纤维的含量直接影响着消费者的口感,随着贮藏时间的延长,白菜中粗纤维含量逐渐增加,可能是由于白菜贮藏前期,呼吸作用旺盛、环境空气流速过快^[19],使得白菜失水较为严重,叶片衰老速度加快,粗纤维含量增长迅速;贮藏中后期,贮藏环境温度较低,白菜呼吸作用等生理活动减弱,粗纤维含量增加减缓。果蔬的衰老与活性氧代谢密切相关,对白菜中 POD、SOD、CAT、APX 等相关酶活性的测定发现,带根捆叶贮藏能有效的提高活性氧相关酶活性,延缓了白菜的衰老。在桃^[20]、蓝莓^[21]和甜樱桃^[22]的研究中表明,提高抗氧化能力以消除活性氧的过量产生,延缓果实衰老进程。CAT、SOD 和 APX 是活性氧清除的关键酶,能清除活性氧,防止活性氧的积累。

在整个贮藏期间,各处理组大白菜的硝酸盐含量均未超过食用的安全标准 432 mg/kg。大白菜中的硝酸盐含量在贮藏初期其含量显著下降,可能由于失水过多,呼吸旺盛,大白菜容易腐败,

使亚硝酸盐含量上升的更加明显。大白菜在贮藏期间,硝酸盐可以转化为亚硝酸盐^[24]。因此,采用带根捆叶“吊挂式”窖藏大白菜能较好的保证大白菜的营养和卫生品质。

4 结 论

吊挂式贮藏为白菜保鲜提供技术方法和工艺,带根捆叶处理方式能够有效维持白菜的采后品质,延缓白菜失重率和腐烂率的升高。带根捆叶吊挂式处理能有效地调节白菜活性氧的活性,与对照组相比 POD、SOD、CAT、APX 分别是对照组的 1.35、1.44、1.56、1.69 倍。减少了硝酸盐和亚硝酸盐含量的产生,较好的保持了白菜的品质,提高了白菜的商品价值和食用价值。

参考文献 (References)

- [1] 赵鑫鑫, 张云涛, 李莹. 5 种耐贮藏型大白菜冬贮效果比较试验 [J]. 蔬菜, 2015, (4): 21 - 22.
ZHAO Xinxin, ZHANG Yuntao, LI Ying. Comparative experiment on winter storage effect of five kinds of durable Chinese cabbage [J]. *Vegetables*, 2015, (4): 21 - 22.
- [2] 鲁奇林, 王娜, 冯叙桥, 等. 大白菜贮藏过程中硝酸盐和亚硝酸盐含量变化分析 [J]. 食品科学, 2014, 35(18): 151 - 155.
LU Qilin, WANG Na, FENG Xuqiao, et al. Changes of nitrate and nitrite content in Chinese Cabbage during storage [J]. *Food Science*, 2014, 35(18): 151 - 155.
- [3] 王秀英, 赵军良, 李改珍, 等. 大白菜贮藏保鲜技术 [J]. 农村新技术, 2020, (2): 68 - 70.
WANG Xiuying, ZHAO Junliang, LI Gaizhen, et al. Chinese cabbage storage and preservation technology [J]. *New Technology for Rural Areas*, 2020, (2): 68 - 70.
- [4] 王秀英, 赵军良, 李改珍, 等. 秋白菜高效栽培及贮藏技术 [J]. 农业科技通讯, 2020, (7): 307 - 309.
WANG Xiuying, ZHAO Junliang, LI Gaizhen, et al. Efficient cultivation and storage techniques of autumn cabbage [J]. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 2020, (7): 307 - 309.
- [5] 赵志永, 朱明, 李冀新, 等. 大白菜贮藏保鲜技术 [J]. 农产品加工, 2019, (21): 48 - 50.
ZHAO Zhiyong, ZHU Ming, LI Jixin, et al. Chinese Cabbage storage and preservation technology [J]. *Agricultural Products Processing*, 2019, (21): 48 - 50.
- [6] 都韶婷, 金崇伟, 章永松. 蔬菜硝酸盐积累现状及其调控措施研究进展 [J]. 中国农业科学, 2010, 43(17): 3580 - 3589.
DU Shaoting, JIN Chongwei, ZHANG Yongsong. Current Situations and Research Progress of Nitrate Pollution in Vegetables and Their Regulating Strategies [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2010, 43(17): 3580 - 3589.
- [7] 千春录, 王兢业, 李虹, 等. 臭氧对大白菜低温贮藏品质和硝酸盐、亚硝酸盐的影响 [J]. 安徽农业大学学报, 2019, 46(2): 350 - 354.
QIAN Chunlu, WANG Jingye, LI Hong, et al. Effects of ozone on storage quality, Nitrate and nitrite of Chinese cabbage [J]. *Journal of Anhui Agricultural University*, 2019, 46(2): 350 - 354.
- [8] Franzke A, Lysak M A, Al - Shehbaz I A, et al. Cabbage family affairs: the evolutionary history of Brassicaceae [J]. *Trends in Plant Science*, 2011, 16(2): 108 - 116.
- [9] Chen Q, Wang Y, et al. Chlorine dioxide treatment for the removal of pesticide residues on fresh lettuce and in aqueous solution [J]. *Food Control*, 2014, 40(1): 106 - 112.
- [10] 王玮, 赵建锋, 孙玉东, 等. 大白菜贮藏研究进展 [J]. 安徽农业科学, 2017, 45(34): 72 - 73, 77.
WANG Wei, ZHAO Jianfeng, SUN Yudong, et al. Research progress of Chinese Cabbage storage [J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2017, 45(34): 72 - 73, 77.
- [11] 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 Jiankang, JIANG Weibo, ZHAO Yumei. *Guidance of Post-harvest Physiological and Biochemical Experiment of fruits and vegetables* [M]. Beijing: China Light Industry Press, 2007.
- [12] Zhao Y, Lin H, Wang J, et al. Inhibiting aril breakdown and degradation of cell wall material in pulp of harvested longan fruits by heat treatment [J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2014, 30(11): 268 - 275.
- [13] 蒋大程, 高珊, 高海伦, 等. 考马斯亮蓝法测定蛋白质含量中的细节问题 [J]. 实验科学与技术, 2018, 16(3): 119 - 122.
JIANG Dacheng, GAO Shan, GAO Hailun, et al. Details of Coomassie blue method for determination of protein content [J]. *Experimental Science and Technology*, 2018, 16(3): 119 - 122.
- [14] Ali S, Khan A S, Malik A U, et al. Effect of controlled atmosphere storage on pericarp browning, bioactive compounds and antioxidant enzymes of litchi fruits [J]. *Food Chemistry*, 2016, 206(1): 18 - 29.
- [15] Parafati L, Vitale A, Restuccia C, et al. The effect of locust bean gum (LBG) - based edible coatings carrying biocontrol yeasts against *Penicillium digitatum* and *Penicillium italicum* causal agents of postharvest decay of mandarin fruit [J]. *Food Microbiology*, 2016, 58(1): 87 - 94.
- [16] 唐志华. 蔬菜中硝酸盐、亚硝酸盐提取与测定的研究 [J]. 中国调味品, 2013, 38(7): 79 - 81.
TANG Zhihua. Extraction and determination of nitrate and nitrite in vegetables [J]. *China Condiment*, 2013, 38(7): 79 - 81.

- [17] 甄凤元, 乔勇进, 高春霞, 等. 二氧化氯气体处理对杭白菜贮藏品质的影响[J]. 核农学报, 2017, 31(7): 1323 – 1329.
- ZHEN Fengyuan, QIAO Yongjin, GAO Chunxia, et al. Effects of chlorine dioxide gas treatment on storage quality of Cabbage [J]. *Journal of Nuclear Agricultural Sciences*, 2017, 31(7): 1323 – 1329.
- [18] 崔晶. 二氧化氯对双孢菇贮藏效果的影响及其褐变机理的研究[D]. 天津: 天津科技大学, 2011.
- CUI Jing. *Effects of Chlorine dioxide on storage efficiency and Browning mechanism of Agaricus bisporus* [D]. Tianjin: Tianjin University of Science and Technology, 2011.
- [19] 雷昊, 谢晶, 乔永祥, 等. 臭氧水清洗结合气调包装对鲜切杭白菜保鲜效果的研究[J]. 食品与机械, 2017, 33(6): 110 – 113.
- LEI Hao, XIE Jing, QIAO Yongxiang, et al. Effects of ozone water cleaning combined with air conditioning packaging on fresh cut Cabbage preservation [J]. *Food & Machinery*, 2017, 33(6): 110 – 113.
- [20] 周慧, 孔令伊, 朱树华. 一氧化氮对冷藏鲜切桃贮藏品质的影响[J]. 保鲜与加工, 2019, 19(3): 1 – 7.
- ZHOU Hui, KONG Lingyi, ZHU Shuhua. Effects of nitric oxide on storage quality of chilled fresh cut peach [J]. *Preservation and Processing*, 2019, 19(3): 1 – 7.
- [21] 齐昭京, 夏秀英. 壳聚糖复合涂膜对蓝莓贮藏品质及抗氧化系统的影响[J]. 北方园艺, 2020, (24): 97 – 106.
- QI Zhaojing, XIA Xiuying. Effects of chitosan composite coating on storage quality and antioxidant system of blueberry [J]. *Northern Horticulture*, 2020, (24): 97 – 106.
- [22] 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(1): 13 – 22.
- [23] 李亚玲, 崔宽波, 石玲, 等. 近冰温贮藏对杏果实冷害及活性氧代谢的影响[J]. 食品科学, 2020, 41(7): 177 – 183.
- LI Yaling, CUI Kuanbo, SHI Ling, et al. Effects of near freezing temperature storage on cold injury and active oxygen metabolism of apricot fruit [J]. *Food Science*, 2020, 41(7): 177 – 183.
- [24] 燕平梅, 李润花, 赵文婧, 等. 超声波对发酵白菜亚硝酸盐含量的影响[J]. 中国调味品, 2019, 44(11): 62 – 66.
- YAN Pingmei, LI Runhua, ZHAO Wenjing, et al. Effect of ultrasonic wave on nitrite content in fermented Cabbage [J]. *China Condiment*, 2019, 44(11): 62 – 66.

Effects of Hanging Cellaring on Storage Quality of Chinese Cabbage in Winter in Southern Xinjiang

Ataura Timur¹, Ablak Niyazi², TIAN Quanming¹, ZHANG Jian¹, XU Bin, WU Bin¹

(1. *Institute of Storage and Processing, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences/Xinjiang Key Laboratory of Processing and Preservation of Agricultural Products*. Urumqi 830091, China; 2. *Turpan Institute of Agricultural Sciences Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Turpan, Xinjiang 838000*)

Abstract: **[Objective]** In order to explore the effects of different storage methods on quality and active oxygen metabolism of Chinese cabbage, different treatments were used to treat Chinese cabbage in Southern Xinjiang, and the effects of hanging cellars on decay and disease of Chinese cabbage were studied. **[Methods]** Hanging storage mode was adopted for storage, including bundling leaves with root, bundling leaves with root, cutting loose leaves with root and cutting loose leaves. **[Results]** Bundling with root and leaf could delay the decomposition rate, the decrease of VC and the synthesis of crude fiber, improve the activities of POD, SOD and APX, and delay the increase of nitrate content. The content of VC and soluble protein was 0.45 mg/100g and 0.88 mg/g in the root bundling group after 90 days of storage. The activities of POD, SOD, APX and CAT were 12.43 U, 0.83 U, 25.12 U and 1.21 U, respectively, which were 1.35, 1.44, 1.56 and 1.69 times of the control group, respectively. **[Conclusion]** Bundling leaves with root can maintain the post-harvest quality of Chinese cabbage, improve the antioxidant capacity of fruit, delay the aging and decay of Chinese cabbage, and prolong the shelf life. This finding provides technical support for the new process of cabbage storage and transportation after harvest.

Key words: hanging type; Chinese cabbage; postharvest quality; reactive oxygen metabolism

Fund project: Tackling Scientific and Technical Problems in Key Areas of XPCC (2020AB008); Outstanding Young Scientific Talent Foundation of Xinjiang Academy of Agricultural Sciences (xjnky-2017001)

Correspondence author: WU Bin (1973 -), male, native place: Tacheng, Xinjiang, research field: storage and preservation of agricultural products, (E-mail) 42042615@qq.com