

采后失水对芹菜叶柄黄化和氧化胁迫的影响

李 丹,侯建设*,田 莹

(海军医学研究所,上海 200433)

摘 要:芹菜采后在常温下贮藏时,失水很快,采后 2d 失重达 23.9%。而保水处理芹菜失水少,6d 时失重仅 6.67%。与保水处理相比,采后大量失水促进了芹菜采后叶绿素含量的下降和 POD 活性、MDA 含量的上升,导致抗坏血酸含量和 SOD、CAT 和 APX 活性快速下降。

关键词:芹菜,失水,黄化,氧化

Effect of postharvest water loss on yellowing and oxidative stress in celery leafstalk

LI Dan, HOU Jian-she*, TIAN Ying

(Naval Medical Institute, Shanghai 200433, China)

Abstract: The lost water weight of celery rapidly reached to 23.9% during storage at ambient temperature in 2 days after harvest. The lost water weight of celery treated with water preserving was only 6.67% at 6 days. Compared with celery of water preserving, severe water loss postharvest enhanced the decrease in chlorophyll content and increase in POD activity and MDA content, led to rapid decline in ascorbic acid content and activities of SOD, CAT and APX.

Key words: celery; water loss; yellowing; oxidative

中图分类号: TS255.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2010)02-0314-04

水分胁迫对植物叶片衰老和活性氧代谢影响的研究集中在采前作物叶片上,其目的是延长光合作用时间,提高作物产量。有研究表明,水分胁迫能促进常温下菠菜离体叶片的衰老。采后大量失水导致叶菜萎蔫从而丧失新鲜品质,这是叶菜冷藏期间常见的问题,但水分胁迫对叶菜衰老的影响及其生理效应研究很少^[1],本文以芹菜为试材研究了采后水分胁迫对其活性氧清除酶活性、膜脂过氧化水平和叶绿素含量的影响,为保水保鲜提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

芹菜(*Apium graveolens* L.) 采自上海浦东高桥菜田。

1.2 样品处理

芹菜采后立即运回海军医学研究所食品实验室,预冷至室温后,剔除过老、过嫩、有机械伤、虫咬的菜后,把整齐一致的芹菜随机分成 10 份,每份约 1kg。其中 5 份直接装多孔塑料筐,作为对照;另 5 份装在塑料袋(PE0.05mm),袋口自然合拢,不扎口,

并将其放入上述塑料筐,用薄膜防止大量失水,作为保水处理。每处理的两筐芹菜,定期(1d)称重量以测定失重率,其他三筐用作色素和酶活性测定。在室温(25~28℃)RH 约 80% 条件下贮藏。

1.3 测定方法

失重率:测定贮藏当天每筐蔬菜重量为 W_0 ,然后每天测定一次,重复 2 次。得 n 天时重量为 W_n ,则 n 天时,蔬菜失重率的计算公式如下:

$$\text{蔬菜失重率} = \frac{W_0 - W_n}{W_0} \times 100\%$$

酶液提取及测定方法:定期从每份处理中随机取三株芹菜,取其全部叶柄,取每一叶柄的根部以上 5cm 至第一片叶的小叶柄之间的部分,用不锈钢剪刀将其切成 3mm 长的小段,混匀后立即称取 2g 叶柄小段,加入 50mmol · L⁻¹ pH7.8 的磷酸缓冲液 5mL 和 0.5g 石英砂,于冰浴中研磨成匀浆,转入 10mL 离心管,再用 3mL 缓冲液洗涤研钵,洗涤液也转入上述离心管,在 4℃ 下 18000 × g 离心 20min,取上清液(记录其体积)用于酶活性的测定。

超氧化物歧化酶(SOD)活性:采用 NBT 还原法^[2]; **丙二醛(MDA)含量测定:**参照王爱国方法^[3]; **叶绿素、类胡萝卜素(Car)含量测定:**参照朱广廉等

收稿日期:2009-05-08 * 通讯联系人

作者简介:李丹(1982-),女,本科,助理实验师,研究方向:果蔬保鲜。

方法^[4];过氧化氢酶(CAT)活性:参照何宇炯方法^[2];过氧化物酶(POD)活性:参照吴登如等方法^[5]。

抗坏血酸过氧化物酶(APX)活性:向2.35mL磷酸钾缓冲液($50\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$,含 $0.1\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ EDTA)中加入 $500\mu\text{L}$ $3.6\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的还原型抗坏血酸溶液和 $50\mu\text{L}$ 酶提取液,混匀后记录其在290nm下的吸光度,立即加入 $100\mu\text{L}$ $5\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ H_2O_2 启动反应。然后每隔1min记录一次吸光度。以每克叶片的APX每分钟使290nm下吸光度下降0.001为一个活性单位。重复三次。

抗坏血酸含量测定:方法同酶液提取,称2.000g叶柄小段,在冰浴中用2%草酸5mL匀浆,转入离心管,用3mL草酸洗研钵,洗液并入离心管,然后在4℃下 $10000 \times g$ 离心15min,取上清液,记录体积。取上清液2mL,用 $0.6\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的2,6-二氯酚标准溶液滴定至桃红色15s不褪为止,记录消耗2,6-二氯酚标准溶液的体积。

2 结果与分析

2.1 芹菜采后失重率的变化

图1可知,作为对照(CK)的芹菜采后直接装有多孔塑料筐,任其自然失水,随采后时间延长失重率迅速上升,采后2d时失重率达到23.9%,叶柄、叶片严重萎蔫、软化,表明对照采后失水已很严重。而薄膜包装保水处理的芹菜(保水处理)采后水分损失少,6d时失重仅6.67%。

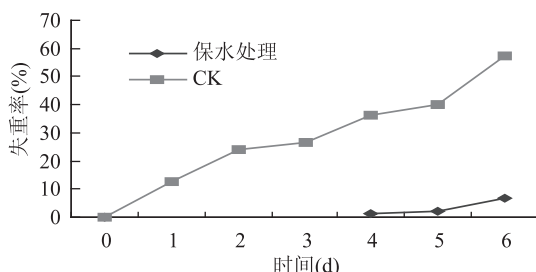


图1 不同采后时间(d)芹菜采后失重率的变化

2.2 采后水分胁迫对芹菜叶柄叶绿素、类胡萝卜素和丙二醛含量的影响

图2a可知,采后7d的保水处理芹菜叶柄叶绿素a、类胡萝卜素及总叶绿素含量均显著($p < 0.05$)低于采后当天的新鲜芹菜叶柄,叶绿素b含量也低于新鲜芹菜叶柄,但差异不显著($p > 0.05$)。7d时对照(CK)芹菜的叶绿素a、b含量均显著($p < 0.05$)低于保水处理,表明采后失水加速了芹菜叶柄叶绿素的降解。CK芹菜叶柄类胡萝卜素含量略低于保水处理,但差异不显著($p > 0.05$)。

采后5d时保水处理芹菜叶柄的MDA含量明显高于新鲜芹菜叶柄,差异达极显著($p < 0.01$)水平,表明随采后时间延长,叶柄膜脂过氧化加强。CK芹菜的MDA含量显著高于保水芹菜($p < 0.05$),表明采后失水促进了芹菜叶柄的膜脂过氧化水平(图2b)。

2.3 采后水分胁迫对芹菜叶柄SOD、CAT、POD、APX活性的影响

芹菜采后SOD活性呈现下降趋势,采后6d时保

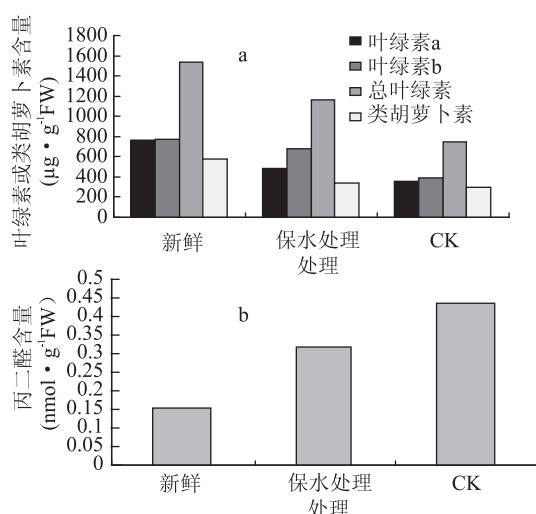


图2 采后失水对芹菜叶柄叶绿素、类胡萝卜素和丙二醛含量的影响

水处理和CK芹菜叶柄SOD活性分别比0d时降低61.7%和77.4%;4d和6d时CK的SOD活性均显著低于保水处理,这表明采后失水加快了芹菜叶柄SOD活性的下降(图3a)。

保水处理芹菜叶柄的CAT活性采后呈下降趋势,6d时比采后当天降低30.5%;CK组芹菜叶柄CAT活性2d后快速下降,4d时其活性比0d时降低67.2%,4d和6d时CK的CAT活性均极显著($p < 0.01$)低于保水处理,表明采后失水导致CAT活性的快速降低(图3b)。

采后4d前,芹菜POD活性无显著变化,6d时保水处理POD活性比采后当天增加20.2%,而CK的POD活性加剧上升至采后当天的2.29倍,表明采后严重失水诱导了POD活性的剧增(图3d)。

采后1d时保水处理和CK芹菜叶柄APX活性分别降低30.03%和58.43%,此后保水处理APX活性保持稳定,而CK的APX活性2d时比1d时又降低24.9%,表明采后失水加快了芹菜叶柄APX活性的降低(图3c)。

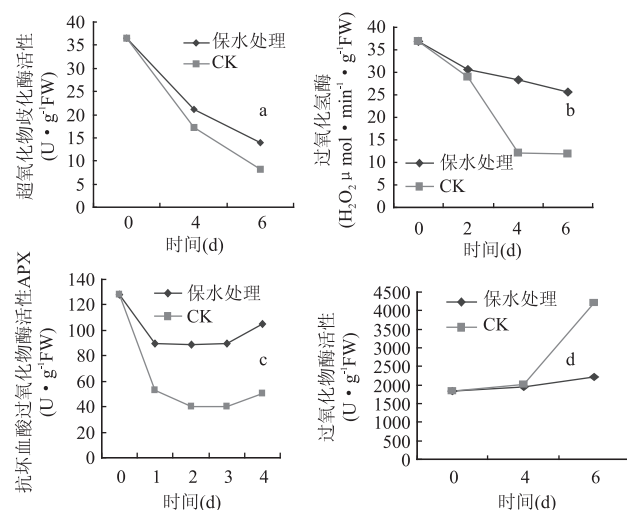


图3 不同采后时间芹菜叶柄超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶(CAT)、过氧化物酶(POD)和抗坏血酸过氧化物酶(APX)活性的变化

2.4 采后失水对芹菜叶柄还原型抗坏血酸含量的影响

采后 5d 时保水处理和 CK 组芹菜叶柄的还原型抗坏血酸含量分别比新鲜芹菜叶柄下降 84.47% 和 92.11%, 保水处理芹菜抗坏血酸含量显著高于 CK ($p < 0.05$), 表明采后失水加速了抗坏血酸的损失 (图 4)。

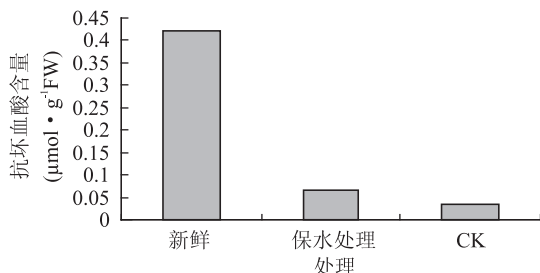


图 4 采后失水对芹菜叶柄还原型抗坏血酸含量的影响

3 讨论

芹菜是一种绿叶菜, 但主要组成和食用部分不是叶片而是叶柄。李托平等曾以叶柄叶绿素含量为指标研究生长调剂处理延缓芹菜衰老的效应^[6], 表明随着芹菜衰老叶柄叶绿素含量降低。本实验中采后 7d 保水处理芹菜叶绿素 a 显著降低, 而叶绿素 b 变化不大, 表明芹菜衰老中叶绿素的下降主要与叶绿素 a 的降解有关。采后失水刺激了叶绿素 a 的降解, 导致叶绿素 b 显著下降, 表明采后失水加速了芹菜叶柄的衰老。

采前水分胁迫促进植物叶片衰老与膜脂过氧化加强密切相关^[7-9]。本实验中采后失水促进了 MDA 含量的积累, 表明采后失水加剧了芹菜叶柄膜脂过氧化水平, 从而加速了叶柄衰老。

许多植物叶片遭受水分胁迫时, 往往活性氧清除酶活性或抗氧化剂含量降低, 从而导致活性氧积累和膜脂过氧化^[8-9]。与上述报道一致, 本实验中采后失水促进了 SOD、CAT、APX 活性的降低, 从而使得活性氧 O_2^- 和 H_2O_2 不能有效清除而积累, 这些活性氧一方面直接氧化叶绿素^[11-14], 导致 CK 叶绿素含量较快下降; 另一方面进一步通过 Fenton 反应或 Fenton 型 Haberweiss 反应形成活性更强的羟自由基, 攻击膜脂不饱和脂肪酸, 加剧膜脂过氧化, 从而加速叶柄的衰老。膜脂过氧化的增强, 破坏膜完整性, 使叶绿素与有关降解叶绿素的酶容易接触, 从而加速了叶绿素的降解^[15-16]。

许多研究结果证明, POD 参与叶绿素、生长素的降解, 对衰老有促进作用^[14, 17-18]。李托平发现随着芹菜采后衰老^[6], 其叶柄的 POD 活性迅速上升, 而生长调节剂处理, 延缓了 POD 活性的上升, 也减慢了叶绿素含量的下降。本实验中采后失水导致芹菜叶柄 POD 活性, 采后 6d 时急剧上升, 可能是失水胁迫下叶柄 H_2O_2 的积累, 诱导了 POD 的从头合成或刺激了其活性^[19-20]。许多研究结果表明, POD- H_2O_2 分解系统参与叶绿素的降解, POD 活性与叶绿素含量呈高度负相关^[14]。因此采后失水促进芹菜叶柄叶绿素降解可能与水分胁迫刺激 POD 活性升高有关。

还原型抗坏血酸既作为抗氧化剂直接清除多种活性氧, 又作为 APX 的供氢体参与 H_2O_2 的清除。本实验表明采后失水促进了芹菜叶柄还原型抗坏血酸含量的降低, 从而削弱其清除活性氧的能力, 促进 CK 芹菜叶柄的衰老。

4 结论

在直接以塑料周转筐或竹筐盛装蔬菜的包装方式下, 芹菜失水很快, 遭受严重水分胁迫; 水分胁迫促进了芹菜活性氧代谢失调、膜脂过氧化, 刺激 POD 活性上升和叶绿素的降解, 从而加快芹菜衰老。

参考文献

- [1] 侯建设, 李中华, 席玛芳. 水分胁迫对冷藏韭菜叶片衰老和活性氧代谢的影响[J]. 食品与发酵工业, 2005, 30(5): 109-112.
- [2] 何宇炯, 等. 表油菜素内酯对绿豆内叶衰老的促进作用[J]. 植物生理学报, 1996, 22(1): 58-62.
- [3] 王爱国. 丙二醛作为植物膜脂过氧化指标的探讨[J]. 植物生理学通讯, 1986, 22(2): 55-57.
- [4] 朱广廉. 植物生理学实验[M]. 北京: 北京大学出版社, 1990: 51-53.
- [5] 吴登如, 等. 表油菜素内酯对绿豆上胚轴内源 IAA 及氧化酶的影响[J]. 植物生理学报, 1991, 17(4): 327-332.
- [6] 李托平, 赵瑞霞. 植物激素对芹菜贮藏效应的研究[J]. 食品科学, 1994, 15(5): 9-11.
- [7] 贾虎森, 潘秋红, 蔡世英. 水分胁迫下油梨幼苗活性氧代谢对光合作用的影响[J]. 热带作物学报, 2001, 22(1): 48-55.
- [8] 罗俊, 林彦栓, 张木清. 甘蔗活性氧代谢对水分胁迫的响应[J]. 福建农业大学学报, 2000, 29(4): 405-410.
- [9] 陈立松, 刘星辉. 水分胁迫对荔枝叶片活性氧代谢的影响[J]. 园艺学报, 1998, 25(3): 241-246.
- [10] 罗华建, 刘星辉, 谢厚钗. 水分胁迫对枇杷叶片活性氧代谢的影响[J]. 福建农业大学学报, 1999, 28(1): 33-37.
- [11] Sakaki T, Kondo N, Sugahara K. Brown down of photosynthetic pigments in lipids in spinach leaves with ozone fumigation; role of active oxygens[J]. Physiol Plant, 1983, 59: 28.
- [12] 伍泽堂. 超氧自由基与叶片衰老时叶绿素破坏的关系(简报)[J]. 植物生理学通讯, 1991, 27(4): 277-279.
- [13] Janave MT. Enzymic degradation of chlorophyll in Cavendish bananas: in vitro evidence for two independent degradative pathways[J]. Plant Physiol Biochem, 1997, 35: 837-846.
- [14] 曾韶西, 王以柔, 刘鸿光. 低温光照下与黄瓜子叶叶绿素降低有关的酶促反应[J]. 植物生理学报, 1991, 17(2): 177-182.
- [15] Matile P, Schellenberg M. The cleavage of pheophorbide a is located in the envelope of barley gerontoplasts[J]. Plant Physiol Biochem, 1996, 34: 55-59.
- [16] Vicentini F, Hortensteiner S, Schellenberg M, et al. Chlorophyll breakdown in senescent leaves: identification of the biochemical lesion in a stay-green genotype of *Festuca pratensis* Huds [J]. Phytol, 1995, 129: 247-252.
- [17] Kar RK, Choudhuri MA. Possible mechanisms of light-induced chlorophyll degradation in senescing leaves of *Hydrilla*

贡柑与脐橙营养成分的分析与比较

张素斌, 张绣瑜, 梁巧荣

(肇庆学院化学化工学院, 广东肇庆 526061)

摘要:对市售德庆贡柑的营养成分如水分、灰分、总糖、还原糖、总酸、果胶、蛋白质、脂肪、粗纤维、维生素 C 和矿质元素 (Cu、Zn、Mn、Fe) 进行了分析测定, 并与江西脐橙进行了比较。结果表明, 贡柑和脐橙各成分含量相差不太大, 但贡柑中的水分含量比脐橙高, 而粗纤维约为脐橙的一半, 糖酸比则约是脐橙的两倍, 贡柑与脐橙的 V_c 以及 Fe、Cu、Zn 等矿质元素含量都较丰富。

关键词:贡柑, 脐橙, 营养成分, 分析

Analysis and comparison of nutrient component on Gonggan and navel orange

ZHANG Su-bin, ZHANG Xiu-yu, LIANG Qiao-rong

(School of Chemistry and Chemical Engineering, Zhaoqing University, Zhaoqing 526061, China)

Abstract: The main nutrient component such as water, ash, total sugar, reducing sugar, total acid, pectin, protein, fat, crude fiber, V_c and mineral elements such as Cu, Zn, Mn and Fe in Gonggan were analyzed and compared with those in navel orange. The result showed that the nutrient ingredients were similar in these two citrus fruit, but the water in Gonggan was higher than that in navel orange, the crude fiber in Gonggan was about half of that in navel orange, and the sugar acid ratio of Gonggan was about two times of that in navel orange. Gonggan and navel orange were both rich in V_c and mineral elements such as Cu, Zn and Fe.

Key words: Gonggan; navel orange; nutrient component; analysis

中图分类号: TS255.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2010)02-0317-02

贡柑原是广东肇庆地区的优稀农家种, 因其品质特优, 被列为进贡之物而得名^[1]。德庆县是广东贡柑的主要生产基地。德庆贡柑果形靓丽、果色金黄、皮薄核少、肉脆化渣、清甜香蜜, 它集中了橙类外形美和柑桔肉质细嫩、易剥皮的双重优点, 为其他柑桔品种难以比拟, 被誉为柑桔之皇。脐橙外观齐整圆润, 味道酸甜诱人, 水分充沛可口, 是我国男女老幼喜爱的水果之一。本论文对贡柑的主要营养成分进行分析测定并与脐橙比较, 测定项目包括水分、灰分、总糖、还原糖、总酸、果胶、蛋白质、脂肪、粗纤维、维生素 C 以及铜、锌、铁、锰等矿质元素, 测定方法多按照国家标准分析方法^[2], 同时参照其他食品分析书籍^[3-4]。对贡柑果实中比较全面的营养成分的分析研究尚未见报道, 本文首次对一些营养成分进行分

析, 为其进一步加工利用积累资料。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

德庆贡柑、江西脐橙 均购于肇庆新一佳超市, 于冰箱中贮存, 备用分析。

DGX-9143B-1 型电热恒温鼓风干燥箱 上海福玛实验设备有限公司; SX2-5-12 型箱式电阻炉 上海贺德实验设备厂; SZF-06A 型脂肪测定仪 上海昕瑞仪器仪表有限公司; WFX-1F2B2 型原子吸收分光光度计 北京第二光学仪器厂; TG328B 型分析天平 上海天平仪器厂。

1.2 测定方法

水分: GB/T5009.3-2003《食品中水分的测定》之直接干燥法。灰分: GB/T5009.4-2003《食品中灰分的测定》。蛋白质: 《食品分析》^[3]之微量凯氏定氮法。脂肪: GB/T5009.6-2003《食品中脂肪的测定》之索氏抽提法。总酸度: 《食品营养与安全分析测试技

收稿日期: 2009-04-03

作者简介: 张素斌 (1972-), 女, 硕士, 讲师, 从事食品分析的教学与科研工作。

verticillata[J]. Physiol Plant, 1987, 70: 729.

[18] Misako K, Shimizu S. Chlorophyll metabolism in higher plants VI. Involvement of peroxidase in chlorophyll degradation [J]. Plant Cell Physiol, 1985, 26: 1291.

[19] 王康. H_2O_2 对 CAT 和 POD 活性的影响[J]. 西南农业大学学报, 1988(10): 101-103.

[20] 蒋跃明, 陈绵达, 林植芳, 等. 香蕉低温酶促褐变[J]. 植物生理学报, 1991, 17(2): 157-163.