

刁小琴,关海宁,李 杨,等. 草酸结合臭氧处理对休眠后期马铃薯生理指标的影响[J]. 江苏农业科学,2017,45(18):179-181.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.18.045

# 草酸结合臭氧处理对休眠后期马铃薯生理指标的影响

刁小琴,关海宁,李 杨,乔秀丽

(绥化学院食品与制药工程学院,黑龙江绥化 152061)

**摘要:**以休眠后期的马铃薯为试验材料,对其进行不同浓度的草酸结合臭氧处理,研究不同处理对马铃薯品质和生理特性的影响。结果表明,经过 25 mmol/L 草酸溶液结合 10 min 臭氧、50 mmol/L 草酸溶液结合 10 min 臭氧、只通 10 min 臭氧处理均可以不同程度地抑制马铃薯可溶性固形物含量、淀粉含量、抗坏血酸含量、总酚含量的下降并控制呼吸强度、多酚氧化酶活性、过氧化物酶活性的增加,与对照相比更能有效延缓马铃薯的衰老进程,使马铃薯保持了较好的贮藏品质。25 mmol/L 草酸溶液结合 10 min 臭氧处理的马铃薯的保鲜效果最好,可以很好地保持马铃薯的品质,延长马铃薯的货架期。

**关键词:**草酸;臭氧;休眠;马铃薯;品质;生理指标;衰老;保鲜;货架期

**中图分类号:** S532.01;TS205 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)18-0179-03

马铃薯是重要粮食作物之一,采后仍是一个活体进行着新陈代谢<sup>[1]</sup>。马铃薯属于休眠类蔬菜,贮藏过程中会进入休眠状态,休眠后期即为萌芽期,在萌芽期间薯块呼吸旺盛,迅速发芽,组织中所含大量淀粉迅速转化,大量失水,造成表皮萎蔫,品质劣变,并产生龙葵素等有毒物质,进而失去食用价值<sup>[2]</sup>。草酸由生物体内代谢产生,是一种安全无毒的有机酸,草酸处理可以明显改善果实的果肉着色,推迟乙烯高峰期到来,降低果实呼吸速率,从而延缓果实成熟进程,延长果实的贮藏保鲜时间<sup>[3-4]</sup>。目前,草酸在果蔬贮藏保鲜中的作用已受到了人们极大的关注。臭氧(O<sub>3</sub>)氧化性强,对微生物可以起到很好的灭菌作用<sup>[5]</sup>,而且具有无残留的特点,因此被广泛应用于水处理、医疗灭菌、农业的采前防病以及采后保鲜等方面。本研究采用草酸结合臭氧处理休眠后期的马铃薯,通过测定多个生理指标的变化,探讨草酸结合臭氧对货架期马铃薯的保鲜效果,为休眠后期马铃薯的货架保鲜提供理论参考。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材 料

马铃薯品种为绥化产黄麻子,块茎在农户地下窖贮藏 3 个月后运回实验室,于 2~4 ℃ 条件下贮藏备用。随机挑选大

小均匀、无机械伤、无发芽绿变的马铃薯为供试材料。

### 1.2 试剂与仪器

无水乙醇、浓盐酸、甲醇等均为分析纯。TU-1901 双光束紫外可见分光光度计(北京普析通用仪器有限责任公司);冷冻离心机(上海楚柏实验设备有限公司)。数显恒温水浴锅(江苏省金坛市荣华仪器制造有限公司);台式离心机(湖南星科科学仪器有限公司)。

### 1.3 试验方法

分别用 25 mmol/L 草酸溶液结合 10 min 臭氧、50 mmol/L 草酸溶液结合 10 min 臭氧和只通 10 min 臭氧 3 种方法处理马铃薯,未做处理的马铃薯作对照组。将处理组和对照组的块茎置于常温(20 ℃)进行货架试验。每个处理 30 个块茎,每 2 d 测定 1 次生理生化指标,每次测定重复 3 次。

### 1.4 指标测定

可溶性固形物含量的测定采用手持折光仪法;淀粉含量的测定采用碘比色法<sup>[6]</sup>;抗坏血酸含量的测定用 2,6-二氯酚酚溶液滴定法<sup>[6]</sup>;总酚含量测定采用福林-酚比色法<sup>[7]</sup>;多酚氧化酶(PPO)活性用邻苯二酚比色法<sup>[8]</sup>测定,过氧化物酶(POD)活性用愈创木酚比色法<sup>[9]</sup>测定,1 个酶活性单位(U)定义为测定条件下 1 min 引起吸光度改变 0.01 所需的酶量[酶活性单位为 U/(g·min)];呼吸速率的测定采用气流法<sup>[10]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同处理对马铃薯可溶性固形物含量的影响

可溶性固形物含量不仅影响果实的口感风味,还是呼吸

收稿日期:2016-05-13

基金项目:黑龙江省绥化市科技计划(编号:SHKJ2015-002)。

作者简介:刁小琴(1979—),女,山西怀仁人,博士,副教授,研究方向为农畜产品加工与贮藏。E-mail:diaoxiaoqing172@163.com。

[12] 赵 桃,马 林,李嘉佳,等. 黑青裸花色素的提取工艺[J]. 食品研究与开发,2010,31(9):228-233.

[13] 莫开菊,柳 圣,程 超,等. 生姜黄酮的抗氧化活性研究[J]. 食品科学,2006,27(9):110-115.

[14] 朱 璐,董 福,冯叙桥,等. 浸提法、超声波法和微波法提取紫薯花色苷的抗氧化性比较研究[J]. 食品科学,2015,36(19):83-88.

[15] 资名扬,王 琴,温其标,等. 紫甘薯花色苷光谱特性及抗氧化性的研究[J]. 现代食品科技,2009,25(11):1279-1281.

[16] 孙建霞,张 燕,孙志健,等. 花色苷的资源分布以及定性定量分析方法研究进展[J]. 食品科学,2009,30(5):263-268.

[17] 王 锋,邓洁红,谭兴和,等. 花色苷及其共色作用研究进展[J]. 食品科学,2008,29(2):472-476.

[18] 肖军霞,黄国清,仇宏伟,等. 红树莓花色苷的提取及抗氧化活性研究[J]. 食品科学,2011,32(8):15-18.

[19] 刘占才,牛俊英. 超氧阴离子自由基对生物体的作用机理研究[J]. 焦作教育学院学报(综合版),2002,18(4):48-51.

代谢的主要底物,通过可溶性固形物含量的变化可以看出果实的衰老情况。由图1可以看出,可溶性固形物含量在前2 d内基本不变,在处理2~8 d内呈下降趋势。前期不变可能是马铃薯自身的温度还较低,内部还没有产生太多的呼吸消耗,而后期下降主要是由于呼吸作用的消耗所导致。贮藏后8 d,对照组可溶性固形物含量降低到4.9%,而25 mmol/L草酸溶液结合10 min臭氧、50 mmol/L草酸溶液结合10 min臭氧、只通10 min臭氧处理的可溶性固形物含量分别为6.1%、5.7%、5.2%。整个贮藏期间,经过处理的马铃薯的可溶性固形物含量均高于对照。结果表明,3种处理均有效抑制了可溶性固形物含量的下降,其中25 mmol/L草酸溶液结合10 min臭氧处理过的马铃薯贮藏效果最佳。

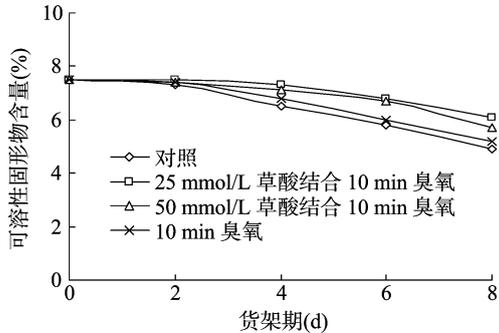


图1 不同处理对马铃薯可溶性固形物含量的影响

## 2.2 不同处理对马铃薯抗坏血酸含量的影响

抗坏血酸是一种重要的营养物质,也是一种天然的抗氧化剂,在抗氧化代谢中发挥着不可替代的作用,马铃薯中含有一定的抗坏血酸。由图2可以看出,贮藏期间抗坏血酸含量呈下降趋势,可能是由于贮藏期间马铃薯自身生理代谢消耗了一部分抗坏血酸,使其含量下降,贮藏后8 d,对照马铃薯的抗坏血酸含量降低到0.74 mg/g,而25 mmol/L草酸溶液结合10 min臭氧处理的抗坏血酸含量为1.14 mg/g。整个货架期间,经过处理的马铃薯的抗坏血酸含量都高于对照且25 mmol/L草酸溶液结合10 min臭氧处理组效果最好。

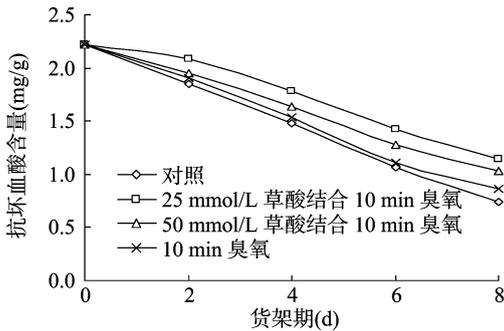


图2 不同处理对马铃薯抗坏血酸含量的影响

## 2.3 不同处理对马铃薯淀粉含量的影响

从图3可知,马铃薯在贮藏期间,淀粉含量在前6 d内下降趋势较为明显,且不同处理变化趋势基本相同,而在贮藏后6~8 d内下降趋势比较缓慢。这可能是由于在贮藏前6 d内,马铃薯块茎中的淀粉转变为糖,使淀粉含量下降;而在贮藏后期,马铃薯块茎中的淀粉几乎全部转化为糖,因此淀粉下降并不明显。贮藏后8 d,对照组马铃薯的淀粉含量降低到

5.5%,而25 mmol/L草酸溶液结合10 min臭氧处理的淀粉含量最高,为9.8%。

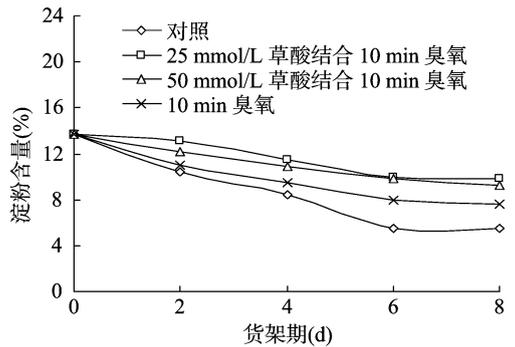


图3 不同处理对马铃薯淀粉含量的影响

## 2.4 不同处理对马铃薯呼吸强度的影响

呼吸强度是衡量呼吸作用的一项重要指标,同时也是马铃薯贮藏过程中最重要的一项生理指标。通过有效的抑制呼吸作用,能够延长马铃薯的贮藏期。由图4可知,呼吸强度前6 d内上升趋势平缓,而在贮藏后6~8 d内急剧上升。前6 d上升趋势平缓可能是由于虽然贮藏环境温度较高,但马铃薯块茎自身的温度较低,使其呼吸轻度升高;随着贮藏时间的延长,在贮藏后6~8 d,块茎自身温度与贮藏环境温度基本一致,马铃薯块茎呼吸急剧上升,呼吸强度大幅度增加。贮藏后8 d,对照组马铃薯呼吸强度上升到172.89 mg/(kg·h),而25 mmol/L草酸溶液结合10 min臭氧处理的呼吸强度为136.624 mg/(kg·h)。整个货架期间,经过处理的马铃薯的呼吸强度都低于对照。

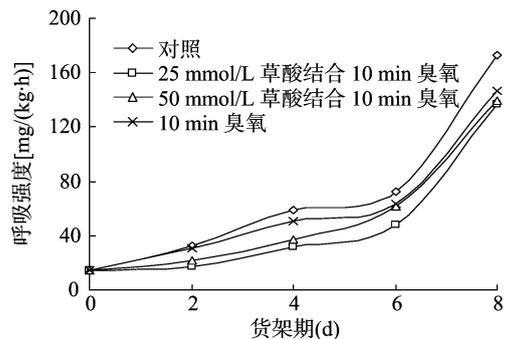


图4 不同处理对马铃薯呼吸强度的影响

## 2.5 不同处理对马铃薯总酚含量的影响

酚类物质是马铃薯内部重要的次生代谢产物,能和具有强氧化性的活性氧和自由基发生反应,对维持自由基和活性氧代谢平衡具有非常重要的影响,该物质不仅能有效避免马铃薯果实发生损伤,还能达到延长马铃薯贮藏的目的。由图5可知,马铃薯在贮藏期间总酚含量呈下降趋势。贮藏后8 d,对照组的总酚含量降低到0.16 mg/g,而经过处理的马铃薯的总酚含量都高于对照,且经过25 mmol/L草酸溶液结合10 min臭氧处理过的马铃薯贮藏效果最佳。

## 2.6 不同处理对马铃薯多酚氧化酶(PPO)的影响

多酚氧化酶(PPO)是一种含铜氧化酶,在马铃薯果实受到机械损伤或病菌感染后,能够催化酚类物质氧化成醌,醌可以与蛋白质、氨基酸等生成高分子络合物,从而导致黑色素的生成,致使马铃薯果实发生褐变,因此多酚氧化酶是引起马铃薯

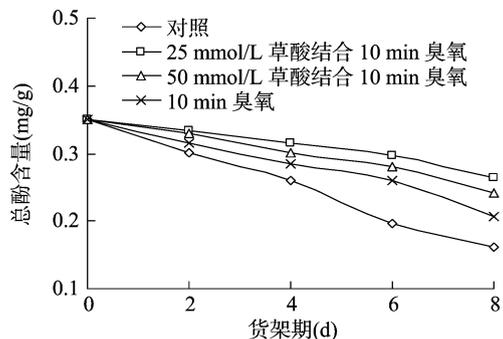


图5 不同处理对马铃薯总酚含量的影响

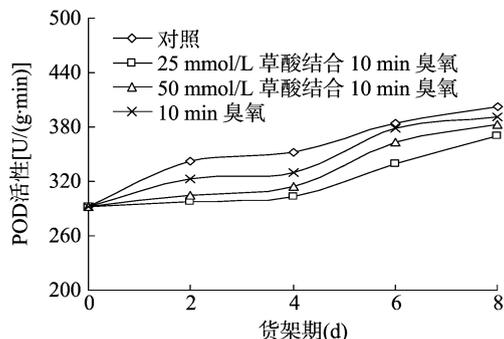


图7 不同处理对马铃薯 POD 活性的影响

薯发生酶促褐变的主要因素。由图6可知,马铃薯在贮藏期间,多酚氧化酶(PPO)活性呈上升趋势,贮藏后8 d,对照马铃薯的多酚氧化酶(PPO)活性上升到175.2 U/(g·min),而25 mmol/L草酸溶液结合10 min臭氧、50 mmol/L草酸溶液结合10 min臭氧、只通10 min臭氧的多酚氧化酶活性分别为135.0、144.2、149.6 U/(g·min)。可见,经过处理的马铃薯的多酚氧化酶(PPO)活性都低于对照,说明3种处理都有效控制了多酚氧化酶活性的提高,减少了因马铃薯氧化所造成的损失,保证了马铃薯的良好风味和优良品质。其中效果最好的是经过25 mmol/L草酸溶液结合10 min臭氧处理过的马铃薯。

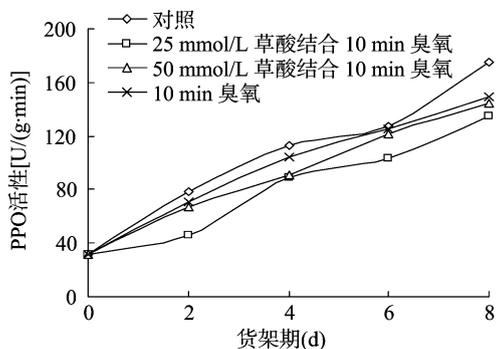


图6 不同处理对马铃薯 PPO 活性的影响

### 2.7 不同处理对马铃薯过氧化物酶(POD)的影响

过氧化物酶不仅是活性氧自由基清除系统中一种重要的保护酶,而且还是细胞内重要的内源性氧清除剂<sup>[11]</sup>,可以和过氧化氢酶共同作用,清除马铃薯内部积累的具有强氧化性的物质,如过氧化氢分解,减少这些物质对马铃薯果实组织所造成的氧化伤害。由图7可知,马铃薯在货架期间,过氧化物酶呈上升趋势。贮藏后8 d,对照马铃薯的过氧化物酶活性上升到402.5 U/(g·min),而经过处理的马铃薯的过氧化物酶活性都低于对照。

## 3 结论

通过25 mmol/L草酸溶液结合10 min臭氧、50 mmol/L

草酸溶液结合10 min臭氧和只通10 min臭氧处理的马铃薯都可以不同程度地抑制可溶性固形物含量、淀粉含量、抗坏血酸含量、总酚含量的下降并控制呼吸强度、多酚氧化酶、过氧化物酶活性的提高,与对照相比,更能有效地延缓马铃薯的衰老进程,使马铃薯保持较好的贮藏品质。其中用25 mmol/L草酸溶液结合10 min臭氧处理的马铃薯保鲜效果最好,可以使马铃薯的品质得到很好的保持,从而延长马铃薯的货架期。

### 参考文献:

- [1] 屈冬玉,谢开云,金黎平,等. 中国马铃薯产业发展与食物安全[J]. 中国农业科学,2005,38(2):358-362.
- [2] Afify A E M R, Ei - Beltagi H E, Aly A A, et al. Antioxidant enzyme activities and lipid peroxidation as biomarker for potato tuber stored by two essential oils from caraway and clove and its main component carvone and eugenol [J]. Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine,2012,2(2):772-780.
- [3] 张中海,饶景萍,李玲玲. 草酸对猕猴桃果锈清洗与贮藏效应的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2006,34(7):101-105.
- [4] 郑小林,田世平,岳洪,等. 草酸处理对芒果贮藏效果的影响[J]. 园艺学报,2007,34(3):579-584.
- [5] 罗强强,解光勇,全汝岱,等. 电晕放电法制备臭氧技术研究[J]. 信息技术,2009(4):18-20.
- [6] 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,2007:76-78.
- [7] 王芳,蒲金基,占魏,等. 不同处理对芒果果皮总酚含量的影响[J]. 热带生物学报,2012,3(1):59-61.
- [8] Rocha A M C N, Morais A M M B. Characterization of polyphenoloxidase (PPO) extracted from 'Jonagored' apple [J]. Food Control,2001,12(2):85-90.
- [9] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社,2000:164-165.
- [10] 冯双庆,赵玉梅. 果蔬保鲜技术及常规测试方法[M]. 北京:化学工业出版社,2001:145-147.
- [11] 张丙云,秦跃龙,田世龙,等. 不同浓度CO<sub>2</sub>对贮藏期间马铃薯生理品质的影响[J]. 食品工业科技,2014,35(17):325-328.