

前处理方式对蓝莓贮藏品质的影响

Effects of pre-treatments on storage quality of blueberry

张海伟 张晓晴 张雨露 高学玲

ZHANG Hai-wei ZHANG Xiao-qing ZHANG Yu-lu GAO Xue-ling

(安徽农业大学茶与食品科技学院, 安徽 合肥 230036)

(School of Tea and Food Acience & Technology, Anhui Agricultural University, Hefei, Anhui 230036, China)

摘要:对比分析了低剂量⁶⁰Co γ 射线辐照、二氧化氯(ClO₂)溶液浸泡、臭氧(O₃)处理及预温处理对芭尔德温蓝莓采后贮藏品质的影响。通过检测蓝莓的好果率、失重率、可溶性固形物(SSC)、多酚氧化酶(PPO)活性等指标,判断不同处理方式的贮藏效果。结果表明:4种前处理方式均能不同程度地提高蓝莓果实的贮藏品质。其中辐照处理组贮藏效果最好,能够较长时间维持蓝莓果实的好果率及最低的失重率、维持较高 SSC 含量,显著抑制 PPO 活性;而臭氧处理可维持较低的失重率,保持良好的果皮颜色;二氧化氯处理虽能提高蓝莓果实的好果率、降低蓝莓失重率,但作用效果弱于辐照组和臭氧组;预温处理虽能维持较高蓝莓果皮颜色,但导致果实失重率升高,在 4 种处理中贮藏效果相对较差。因此,相对其它 3 种贮藏方式,⁶⁰Co γ 射线辐照预处理更能使芭尔德温蓝莓维持较好的贮藏品质,显著延长蓝莓贮藏期。

关键字: 蓝莓;辐照;二氧化氯;臭氧;预温;贮藏品质

Abstract: The effects of ⁶⁰Co γ irradiation treatment, chlorine dioxide treatment, ozone gas treatment and pre-temperature treatment on the post-harvest quality of blueberry fruit at low temperature storage were investigated. In order to compare the effects of the four treatment methods on preserving blueberries physiological parameters such as fresh rate, weight loss rate, soluble solid content (SSC), value of chromatic aberration, polyphenol oxidase (PPO) were monitored periodically. The results showed that all of those four treatments can enhance the storage quality of blueberries in different degrees, and irradiation treatment show the best result in storage. It can significantly keep fresh rate, inhibiting the PPO activity of blueberry fruit and maintain the higher SSC. Ozone treatment shows the good capacity of water holding, keeping high SSC. And chlorine dioxide treatment can also enhance the fresh rate and reduce the weight loss, but the effect is less than the irradiation treatment and chlorine

dioxide treatment. Although the pre-temperature treatment can keep the best color, but cause the higher weight loss, and the pre-temperature treatment show the worst result during storage. Therefore, ⁶⁰Co γ irradiation treatment show the better result compared with the other three storage methods to prolong the storage period.

Keywords: blueberry; irradiation; chlorine dioxide; ozone; pre-temperature treatment; storage quality

蓝莓成熟期在 6~8 月份的高温多雨季节,常温(25℃±5℃)条件下放置 2~4 d,低温(2℃±2℃)条件下放置 7~10 d 就失去商品价值^[1]。冷藏结合一些前处理方式,比如:辐照处理、二氧化氯处理、臭氧处理等,通过减少蓝莓果实表面的微生物,提升果体内外防御能力,抑制果实呼吸作用 and 多项酶促反应,能显著延长果实的保鲜期^[2-3] [4]3-6。周慧娟等^[5-6]采用 γ 射线处理蓝莓,发现 1 kGy 辐照处理,能有效延长蓝莓贮藏期,抑制腐败率、失重率及营养成分的减少。二氧化氯溶液浸泡蓝莓、樱桃等果实 3~5 min,能减少果实表面的绿脓杆菌菌落总数、抑制霉菌的繁殖,防止呼吸速率上升,维持果实较高的可溶性固形物含量及硬度^[7-8]。Crowe 等^[9]将 1 mg/L 的臭氧水喷洒在矮丛蓝莓上,发现 12 月内能有效抑制速冻蓝莓微生物数量。Yeoh 等^[10]用气态臭氧处理鲜切木瓜 20 min 能有效抑制微生物尤其是大肠杆菌的数量,而且有效防止总酚含量的降低。预温处理是指用于果实成熟季节的温度对果实进行短时保温处理^[11],这种方式能诱导果蔬体内热激蛋白合成,促进果实体内防御能力提升,从而延缓果实衰老,延长果实的货架期^[4] 6-7。钱玉梅等^[12]用贮前 50℃预温处理草莓 30 min 发现其果实腐败率最低,且能显著抑制果实 SOD 活性的下降和 MDA 含量的增加。前人研究结果表明,辐照处理、二氧化氯、臭氧处理以及预温处理均能有效提高果实贮藏品质,但目前尚未有 4 种前处理方式对相同蓝莓品种(芭尔德温)贮藏品质的对比影响研究。因此,本研究拟以芭尔德温蓝莓为研究材料,对比分析低剂量⁶⁰Co γ 射线、二氧化氯(ClO₂)溶液浸泡、臭氧(O₃)处理及预温处理这 4 种前处理方式对蓝莓贮藏品质的

基金项目:安徽省自然科学基金项目(编号:1508085SMC217)

作者简介: 张海伟(1979—),女,安徽农业大学讲师,博士。

E-mail: zhanghaiwei@ahau.edu.cn

收稿日期: 2015-12-22

不同影响,除探讨预温处理对蓝莓贮藏品质的影响,更期望为不同销售目的的蓝莓采后保鲜处理提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 材料与试剂

蓝莓:品种为芭尔德温,合肥市徽王蓝莓公司;
磷酸二氢钠、磷酸氢二钠、邻苯二酚、聚乙二醇 6000、聚乙烯吡咯烷酮和 Triton X-100:分析纯,国药集团化学试剂有限公司。

1.1.2 主要仪器设备

⁶⁰Co-静态辐照源:合肥(国家)林业辐照中心辐照提供;
臭氧发生器:L-450 型,武汉富康隆环保设备有限公司;
电热恒温培养箱:PWT-P42B 型,合肥华德利科学器材有限公司;
高速冷冻离心机:LR16-型 A,北京雷勃尔离心机有限公司;
紫外可见分光光度计:752 型,上海菁华科技仪器有限公司;
手持折光仪:PAL-1 型,日本 ATAGO 公司;
便携式色差计:CR-400 型,日本 KONICA MINOLTA 公司。

1.2 试验方法

1.2.1 蓝莓果实前处理方法 蓝莓采摘后,采用蓝莓专用包装盒包装,低温(10±2)℃条件下运回安徽农业大学农产品加工与贮藏实验室。0~4℃预冷 8 h。选取大小均匀、无机械损伤,无病虫害,八九成熟度的蓝莓果实,随机单层序列摆放于聚乙烯塑料盒内(约 250 g/盒),并用厚度为 0.02 mm 的 PE 保鲜膜密封包装。置于 0~5℃、湿度 80%~85%冷库内冷藏,备用。

(1) ⁶⁰Co γ 射线处理:将蓝莓果置于温度(10±2)℃的加冰保温箱内,运至辐照中心。蓝莓单层摆放,辐照剂量 1 kGy,辐照结束后,用同样的方法运回。

(2) 二氧化氯(ClO₂)处理:采用 20 mg/L 浓度二氧化氯(ClO₂)溶液,在暗处将蓝莓浸泡 3 min。

(3) 臭氧(O₃)处理:将蓝莓放入 13 cm×20 cm 的密封袋内,以 2.4 mg/cm³浓度的臭氧处理 15 min。

(4) 预温处理:将蓝莓置于恒温(50±1)℃,恒湿(11.0±0.5)%箱内预温处理 30 min。

(5) 对照组:以未处理组为对照。

处理结束后,置于聚乙烯塑料托盘内,并用 PE 保鲜膜密封包装。置于冷库(0~5℃)内贮藏,每隔 10 d 测定各项生理及品质指标。每组处理重复 3 次。

1.2.2 好果率 病果是指果实表面至少有一处发生汁液外漏、严重软化或腐烂现象。果实好果率按式(1)计算:

好果率=总果数-病果数/总果数×100%。(1)

1.2.3 失重率的测定 采用称重法。失重率按式(2)计算:

失重率=(贮藏前果实重量-测定时果实重量)/贮藏前果实重量×100%。(2)

1.2.4 可溶性固形物(SSC)含量的测定 采用 PAL-1 型数显手持折光仪测定。

1.2.5 果实表面明亮度 L*、a*、b* 值测定 用 CR-400 便携式色差计测量不同处理间蓝莓果实颜色,在色差仪各测量值中,L* 表示亮度,其值越大亮度越大。a* 值代表色度中红绿色差指标,正值越大,红色越深;负值越小,绿色越深;b* 值是色度中黄蓝色差指标,正值越大,黄色越深;负值越小,蓝色越深。在不同贮藏温度下随机取 15 粒果实,在蓝莓赤道线附近直接测定果实亮度,重复测定 5 次。

1.2.6 多酚氧化酶(PPO)活性的测定 参考文献[13]。以每克鲜样每分钟吸光度(OD_{410 nm})变化值为 1 时为 1 个多酚氧化酶活性单位(U)。

1.3 数据处理

利用 Origin 8.0 软件统计所有数据,计算均值及标准偏差并绘制图表。应用 SPSS 17.0 软件进行方差分析,利用 Duncan 新复极差法比较因素水平间的显著性(P<0.05)。

2 结果与分析

2.1 不同处理对采后蓝莓果实好果率的影响

蓝莓好果率是评价果实贮藏性的关键指标。由图 1 可知,随着贮藏时间的延长,芭尔德温蓝莓的好果率呈下降趋势,其中前 10 d 好果率下降明显,贮藏中后期下降速度减缓。在 30 d 的贮藏期内,4 种前处理均显著提高了蓝莓果实的好果率(P<0.05)。好果率要达到 75%左右,对照组只能贮藏 10 d,二氧化氯处理组、臭氧处理组和预温度处理组能贮藏 20 d 左右,而辐照处理组能贮藏约 28 d。蓝莓果实腐烂通常是由真菌引起的^[14]。本研究结果表明,4 种前处理方式对蓝莓果实表面的真菌都有一定的杀灭作用,尤其以 1 kGy 的 γ 射线效果最显著,其次为二氧化氯处理组。许艳顺等^[15]的研究也发现二氧化氯处理可有效抑制食品变质。

2.2 不同处理对采后蓝莓果实失重率的影响

由图 2 可知,芭尔德温蓝莓果实在采后冷藏期间,失重率逐渐升高。贮藏过程中果实的失重主要是由果实内的水分迁移至环境中造成的。臭氧处理组、二氧化氯处理组与辐照处理组均显著抑制了蓝莓的失水(P<0.05)。但是在贮藏的前 20 d,预温处理组蓝莓的失重率显著高于对照组(P<0.05),可能是预温处理过程中,温度升高导致蓝莓果实呼吸速率加大,加速了水分蒸发,后期失重速率虽减缓,但依然显

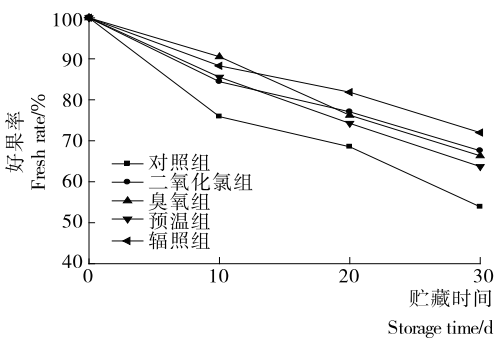


图 1 不同处理对采后蓝莓果实好果率的影响
Figure 1 Effect of different treatment on the fresh rate of blueberry

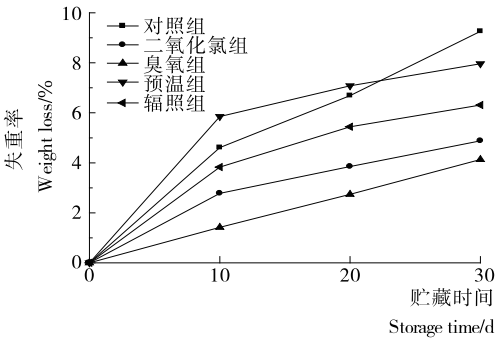


图 2 不同处理对采后蓝莓果实失重率的影响
Figure 2 Effect of different treatment on the weight loss of blueberry

著高于其它 3 种前处理组。臭氧处理组在整个冷藏期间,表现出最低的失重率,在第 30 天时仅为 4%。原因可能是臭氧能使具有催熟作用的乙烯气体快速氧化生成 CO₂ 和 H₂O^[16],同时可以在一定程度上抑制乙烯导致的果实成熟和衰老的生理效应,减少水分的蒸腾作用^[17]。二氧化氯处理可以有效地降低乙烯生成量,降低果实呼吸作用,从而在一定程度上抑制了失重率的升高^[18]。辐照处理在辐照中心进行,运输途中的温度波动及震动颠簸可能是辐照处理组未能极显著降低蓝莓失重率的原因。

2.3 不同处理对采后蓝莓果实可溶性固形物含量的影响

由图 3 可知,冷藏条件下的臭氧处理组和对对照组蓝莓呈先下降后上升之后再下降的趋势,因为蓝莓果实在冷藏前期呼吸速率一直升高,在第 7 天达到峰值,此时蓝莓呼吸速率较高,因此 SSC 呈下降趋势^[19]。但是在果实贮藏中期,果实的生理代谢使原果胶转化为可溶性果胶,淀粉等多糖类物质转化为可溶性碳水化合物,补充呼吸作用消耗的能量,导致 SSC 有所增加;在后期,SSC 不足以进行呼吸代谢活动,使 SSC 含量不断被消耗而导致含量降低^[20]。而二氧化氯组和预温组呈先上升后下降的趋势,可能是在贮藏前期二氧化氯组与预温组呼吸速率较低,从而维持较高的 SSC 含量,但是在贮藏后期可能是由于呼吸作用的强度及原果胶转化呈可溶性果胶的速率的差异,导致后期臭氧处理组能够维持较好的 SSC 含量,而在贮藏 30 d 后对照组和预温处理 SSC 含量没有显著性差异(P≥0.05),而辐照处理和二氧化氯组与对

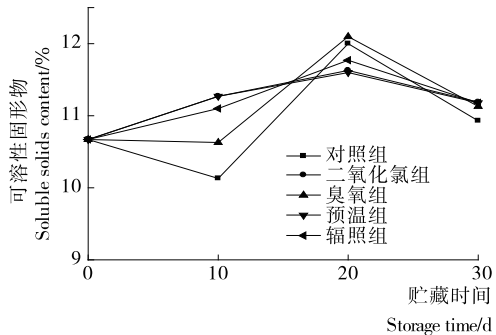


图 3 不同处理对采后蓝莓果实可溶性固形物含量的影响
Figure 3 Effect of different treatment on the soluble solids content of blueberry

照差异明显(P<0.05)。徐晓燕等^[21]用臭氧处理砀山酥梨,发现在臭氧贮藏期结束时对维持酥梨内 SSC 含量效果显著。

2.4 不同处理对采后蓝莓果实 L*、a*、b* 值的影响

由表 1 可知,冷藏期间辐照处理、二氧化率处理与预温处理中果皮 L* 值一直下降,而臭氧处理组呈先下降后上升再下降趋势,陈存坤等^[22]用臭氧处理双孢菇,L* 值呈相同变化规律。但整体而言,在贮藏期内 4 种处理的果皮 L* 值呈下降趋势,说明鲜艳度随着贮藏时间延长逐渐降低。在贮藏前 20 d,果实 L* 值下降明显,而在贮藏后 10 d,除对照组外,其他各处理组果实亮度下降速度减缓。辐照处理组的果实 L* 值下降明显,蓝莓果实色泽主要决定于果皮花色苷含量,王秋芳等^[16]报道电子束辐射对葡萄花色苷含量有一定的降解作用,因而辐照作用会显著降低果实表面的鲜艳度^[6]。预温处理和臭氧处理维持较好的果实光亮度,这两者之间并没有显著性差异(P≥0.05),表示随货架期的延长,蓝莓果皮颜色越来越差,但适宜处理可较好地保持果实原有色泽。

不同处理间 a* 值在贮藏期间呈上升趋势,表明此阶段果皮色泽开始变红。在贮藏后期,辐照组和对对照组的 a* 无显著性差异(P≥0.05),但其他各处理组之间差异性明显,其中预温组抑制蓝莓果皮转红的作用效果显著。b* 值在贮藏期间呈上升趋势,其中辐照处理组的 b* 值一直维持在较高的水平,与其他各组差异明显(P<0.05),说明辐照处理果皮颜色较差,而臭氧组和二氧化氯组可显著抑制果皮 b* 值的升高(P<0.05)。

表 1 不同处理对蓝莓 L*、a*、b* 的影响[†]

Table 1 Effect of different treatment on the L*, a*, b* of blueberry (n=3)

贮藏时间/d	不同处理	L*	a*	b*
0	对照组	27.42±1.23	0.15±0.07	-2.05±0.11
	对照	23.32±1.20 ^a	0.27±0.08 ^a	-1.38±0.09 ^b
	O ₃ 组	22.25±2.17 ^a	0.23±0.07 ^{ab}	-1.64±0.10 ^c
10	辐照组	23.45±2.55 ^a	0.20±0.06 ^{bc}	-1.23±0.11 ^a
	预温组	24.13±1.33 ^a	0.16±0.09 ^c	-1.90±0.10 ^e
	ClO ₂ 组	24.64±1.57 ^a	0.15±0.08 ^c	-1.82±0.09 ^d
20	对照组	21.58±0.85 ^e	0.35±0.07 ^a	-1.13±0.11 ^b
	O ₃ 组	24.08±1.57 ^a	0.25±0.07 ^b	-1.49±0.10 ^d
	辐照组	22.74±0.91 ^d	0.32±0.07 ^a	-0.94±0.09 ^a
30	预温组	23.88±1.23 ^{bc}	0.18±0.08 ^c	-1.78±0.11 ^c
	ClO ₂ 组	23.17±1.12 ^{cd}	0.22±0.06 ^{bc}	-1.80±0.07 ^d
	对照	19.19±0.92 ^d	0.55±0.07 ^a	-0.94±0.08 ^b
30	O ₃ 组	22.52±1.67 ^{ab}	0.42±0.07 ^c	-1.36±0.09 ^c
	辐照组	21.37±1.19 ^c	0.52±0.09 ^{ab}	-0.86±0.09 ^a
	预温组	23.55±1.61 ^a	0.34±0.08 ^d	-1.62±0.11 ^d
30	ClO ₂ 组	21.98±1.31 ^{bc}	0.48±0.07 ^b	-1.41±0.13 ^c

[†] 同列不同小写字母分别表示处理间存在显著差异(P<0.05)。

2.5 不同处理对采后蓝莓果实 PPO 活性的影响

多酚氧化酶(PPO)广泛存在于植物体中,是酶促褐变中起主要作用的酶之一,可直接或者间接催化酚类物质和花青素等氧化,生成褐变物质,引起果实褐变^[23]。蓝莓在贮藏过程中,PPO 活性呈先上升后下降的趋势,4 种前处理方式均不同程度地抑制了 PPO 的活性。由图 4 可知,辐照处理组的 PPO 活性在整个贮藏过程中最低,说明剂量为 1 kGy 的辐照处理能抑制 PPO 活性,与其他各组差异性显著($P<0.05$)。在整个贮藏过程中,对照组的 PPO 活性一直较高,而各处理组 PPO 活性均低于对照组,说明各处理均有效降低蓝莓 PPO 活性,可能是辐照可以较好地抑制酚类物质的合成,并保持了酚类物质和 PPO 区域性结构的完整性,从而更好地抑制了 PPO 酶的活性^[24]。在贮藏末期,臭氧组的 PPO 亦维持在一个较低的水平,与二氧化氯处理组和预温处理组差异显著($P<0.05$),但这两组之间并没有显著性差异($P\geq 0.05$)。

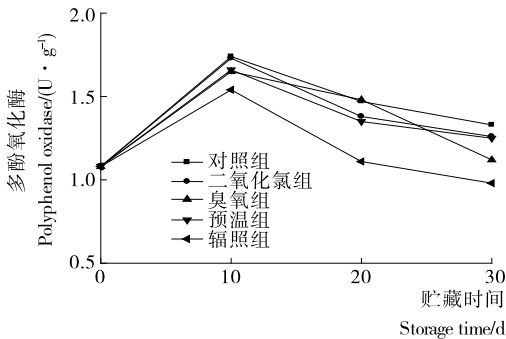


图 4 不同处理对采后蓝莓果实 PPO 活性的影响
Figure 4 Effect of different treatment on the PPO activity of blueberry

3 结论

低剂量⁶⁰Co γ 射线辐照处理可以显著延长蓝莓果实贮藏期,臭氧处理与二氧化氯处理效果弱于辐照处理,但 γ 射线辐照处理无法维持较好的色泽,因此适合蓝莓长期贮藏保鲜或加工。但辐照处理对芭尔德温蓝莓的抗氧化能力及营养成分是否有严重的影响需要进一步研究分析。预温处理在整个贮藏期能够保持蓝莓果皮的色泽,并且处理方式安全、无有毒有害物质,因此适合短期销售贮藏。

参考文献

[1] 纪淑娟,周倩,马超,等. 1-MCP 处理对蓝莓常温货架品质变化的影响[J]. 食品科学, 2014, 35(2): 322-327.
[2] 王友升,蔡琦玮,安琳,等. 1-甲基环丙烯和二氧化氯对蓝莓低温贮藏期间品质影响的多变分析[J]. 中国食品学报, 2014, 14(5): 253-258.
[3] 余江涛,谢品. 臭氧水处理结合气调包装对鲜切生菜保鲜效果的影响[J]. 食品与机械, 2015, 31(1): 111-115.
[4] 王挥. 采后热处理对芒果贮藏特性影响及机理的研究[D]. 南宁: 广西大学, 2012.
[5] 周慧娟,叶正文,张学英,等. 电子束辐照对蓝莓品质及生理代

谢的影响[J]. 核农学报, 2013, 27(9): 1 308-1 316.
[6] AKRAM K, AHN J, YOON S, et al. Quality attributes of *Pleurotuseryngii* following gamma irradiation [J]. Postharvest Biology and Technology, 2011, 66(1): 42-47.
[7] COLGECEN I, SECKIN M. The efficacy of the combined use of chlorine dioxide and passive modified atmosphere packaging on sweet cherry quality[J]. Postharvest Biology and Technology, 2015, 109: 10-19.
[8] WU Bin, LI Xue-ping, HU Hui-gang, et al. Effect of chlorine dioxide on the control of postharvest diseases and quality of litchi fruit[J]. African Journal of Biotechnology, 2011, 10(32): 6 030-6 039.
[9] CROWE K M, BUSHWAY A, DAVIS-DENTICI K. Impact of postharvest treatments, chlorine and ozone, coupled with low-temperature frozen storage on the antimicrobial quality of low-bush blueberries (*Vaccinium angustifolium*) [J]. Food Science and Technology, 2012, 47(1): 213-215.
[10] YEOH W K, ALI A, FORNEY C F, et al. Effects of ozone on major antioxidants and microbial populations of fresh-cut papaya[J]. Postharvest Biology and Technology, 2014, 89(50): 56-58.
[11] 尹素云. 桃贮藏保鲜技术[J]. 河北果树, 2003(5): 21-25.
[12] 钱玉梅,高丽萍,张玉琼. 采后预温处理对草莓果实保鲜效果的影响[J]. 生物学杂志, 2006, 23(2): 50-53.
[13] YANG Zhen-feng, ZHENG Yong-hua, CAO Shi-feng. Effect of high oxygen atmosphere storage on quality, antioxidant enzymes, and DPPH-radical scavenging activity of Chinese bayberry fruit[J]. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 2009, 57(1): 176-181.
[14] WANG ShiowY, CHEN Chi-Tsun, YIN Jun-jie, Effect of allyl isothiocyanate on antioxidants and fruit decay of blueberries[J]. Food Chemistry, 2010, 120(1): 199-204.
[15] 许艳顺,朱建秋,葛黎红,等. 二氧化氯减菌化处理对发酵鱼糜品质的影响[J]. 食品与机械, 2013, 29(4): 47-49.
[16] 王秋芳,乔勇进,陈召亮,等. 臭氧处理对巨峰葡萄微生物及贮藏品质的影响[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(9): 4 784-4 787.
[17] 赵红梅,钟海雁,王丽霞,等. 臭氧对杂柑类采后生理指标的影响[J]. 食品与机械, 2006, 22(5): 43-45.
[18] 耿鹏飞,高贵田,薛敏,等. 气体二氧化氯在果蔬杀菌保鲜方面的研究与应用[J]. 食品工业科技, 2014, 36(6): 387-391.
[19] 吴欣,徐安俐,李莉莉,等. 保鲜剂对蓝莓贮藏效果及相关酶活性的影响[J]. 食品科技, 2013, 38(2): 26-31.
[20] 师晓娜. 不同包装材料对南果梨贮藏保鲜效果的影响[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2009: 12-13.
[21] 徐晓燕,惠伟,关军峰,等. 臭氧对砀山酥梨采后生理及腐烂效果的影响[J]. 食品与生物技术学报, 2012, 31(6): 628-633.
[22] 陈存坤,董成虎,纪海鹏,等. 臭氧处理对双孢菇采后生理和贮藏品质的影响[J]. 食品研究与开发, 2015, 36(17): 155-158.
[23] 陈瑞琴,刘保华,王果,等. 不同荔枝品种采后果皮褐变与多酚氧化酶关系的研究[J]. 热带作物学报, 2012, 33(7): 1 261-1 266.
[24] 冯岩岩,王庆国. 高能电子束辐照对鲜切牛蒡贮藏品质和褐变的影响[J]. 保鲜与加工, 2013, 13(5): 29-33.