

乙醇熏蒸结合乙烯吸附剂对蓝莓保鲜效果的影响

巴良杰¹, 马立志¹, 余磊¹, 李江阔², 曹森¹, 庞俊晓¹

(1. 贵阳学院, 贵阳 550005; 2. 国家农产品保鲜工程技术研究中心(天津))

天津市农产品采后生理与贮藏保鲜重点实验室, 天津 300384)

摘要: 目的 研究乙醇熏蒸结合乙烯吸附剂对蓝莓保鲜效果的影响。方法 以“粉蓝”蓝莓为实验材料, 采用对照(CK)及3种处理方法(乙醇; 乙烯吸附剂; 乙醇+乙烯吸附剂)对蓝莓在贮藏温度(1±0.5)℃下进行保鲜, 研究不同处理方法对蓝莓贮藏期间品质的变化。结果 3种处理方法能够降低蓝莓的生理代谢水平, 有利于保持蓝莓果实的贮藏品质。其中乙醇结合乙烯吸附剂更有利于降低蓝莓的果实腐烂率、呼吸强度和乙烯生成速率, 能有效地抑制蓝莓贮藏期果实硬度的下降, 能有效地延缓可溶性固形物、可滴定酸和花色苷含量的降低, 能较好地保持蓝莓果实超氧化物歧化酶(SOD)、多聚半乳糖醛酸酶(PG)、过氧化氢酶(CAT)和过氧化物酶(POD)的活性。结论 采用乙醇结合乙烯吸附剂的处理方法对蓝莓果实保鲜的效果最好, 能够更好地维持蓝莓的贮藏品质。

关键词: 蓝莓; 乙醇; 乙烯吸附剂; 保鲜

中图分类号: TS255.3 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2019)19-0066-07

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.19.009

Effects of Ethanol Fumigation Combined with Ethylene Adsorbent on Preservation Effect of Blueberry

BA Liang-jie¹, MA Li-zhi¹, YU Lei¹, LI Jiang-kuo², CAO Sen¹, PANG Jun-xiao¹

(1. Guiyang University, Guiyang 550005, China;

2. Tianjin Key Laboratory of Postharvest Physiology and Storage of Agricultural Products, National Engineering and Technology Research Center for Preservation of Agricultural Products (Tianjin), Tianjin 300384, China)

ABSTRACT: The work aims to study the effect of ethanol fumigation combined with ethylene adsorbent on the preservation effect of blueberry. With 'powder blue' blueberry as research material, control (CK) and three treatments (ethanol; ethylene adsorbent; ethanol + ethylene adsorbent) were used to preserve the blueberry at (1±0.5)℃, and the change of blueberry quality caused by different treatments during storage was studied. Three treatments could delay the physiological metabolism level of blueberry and keep the storage quality of blueberry fruit. The combination of ethanol combined with ethylene adsorbent was more beneficial to reduce the fruit rot rate, respiration intensity and ethylene production rate, could inhibit the decline of firmness, could effectively delay the reduction of soluble solids content, titratable acid content and anthocyanin content and maintain the activities of superoxide dismutase (SOD), polygalacturonase (PG), catalase (CAT) and peroxidase (POD) of blueberry fruit. The effect of ethanol combined with

收稿日期: 2019-08-02

基金项目: 贵阳市科技局-贵阳学院科技专项资金(GYU-KYZ[2019~2020]PT10-05); 贵州省普通高等学校特色重点实验室建设项目(黔教合KY字[2018]005)

作者简介: 巴良杰(1988—), 男, 博士, 贵阳学院副教授, 主要研究方向为果蔬贮藏与保鲜。

通信作者: 庞俊晓(1983—), 男, 博士, 贵阳学院副教授, 主要研究方向为食品科学。

ethylene adsorbent on the preservation effect of blueberry is the best, which can better maintain the storage quality of blueberry.

KEY WORDS: blueberry; ethanol; ethylene adsorbent; preservation

蓝莓, 杜鹃花科(Ericaceae) 越橘属 (*Vaccinium* spp), 有“浆果之王”美誉, 具有很高的营养价值^[1-2]。2018 年底, 贵州蓝莓栽培面积已达全国之首, 麻江县则是贵州蓝莓的主要种植区之一。随着蓝莓种植面积和产量的逐年增加, 导致大量的蓝莓鲜果无法及时销售, 从而出现“丰产不丰收”现象。另外蓝莓果皮薄、易受机械伤, 并且成熟于高温多雨的夏季, 采后果实易变软, 甚至出现霉变及腐烂等问题, 这些严重阻碍了蓝莓产业的不良发展^[3-4]。由此可见, 研究蓝莓的贮藏保鲜技术是引领产业健康、快速、可持续发展的必然趋势。

乙醇(Ethanol)是植物天然产生的次生代谢物质, 具有高效、安全、无副作用等特点, 已被美国食品药品监督管理局归为公认安全物质, 在果蔬保鲜领域中已有相关报道^[5-6]。杨爱萍等^[7]报道了乙醇熏蒸处理对杨梅果实保鲜及抗氧化活性的影响, 结果表明, 500 $\mu\text{L/L}$ 的乙醇能够显著地降低杨梅果实贮藏期间腐烂率和细菌总数, 使果实保持较高的营养价值和抗氧化活性。乙烯吸附剂(Ethylene adsorbent)的主要成分为高锰酸钾, 能有效地除去贮藏微环境中的乙烯气体, 从而抑制了外源乙烯对果蔬内源乙烯的诱导, 具有安全、高效等优点, 已在果蔬贮藏保鲜中有相关报道^[8-9]。汤梅等^[10]的鹰嘴蜜桃研究表明, 乙烯吸附剂有较好地保鲜效果, 能够更好地维持果实的硬度、呼吸强度和 PME 活性。关于乙醇结合乙烯吸附剂对果蔬的保鲜研究却鲜有报道, 因此, 文中实验以蓝莓为材料, 研究乙醇结合乙烯吸附剂处理对蓝莓果实保鲜效果的影响, 旨在延长蓝莓果实的贮藏期, 提供更为简单、高效、安全的保鲜新技术。

1 实验

1.1 材料与试剂

蓝莓采摘于麻江县宣威镇种植基地, 品种为“粉蓝”; 乙烯吸附剂采购于南京中鑫农业科技有限公司, 主要成分为高锰酸钾; 试验所需的其它药品, 例如无水乙醇、氢氧化钠、氯化钠、磷酸钾、磷酸钠、乙酸、邻苯二酚等均为分析纯。

1.2 仪器与设备

TA.XT.Plus 质构仪(英国, SMS 公司); GC-14 气相色谱仪(日本, Shimadzu 公司); Check PiontII 便携式残氧仪(丹麦, Dansensor 公司); UV-2550 紫

外分光光度计(日本, Shimadzu 公司); TGL-16A 台式高速冷冻离心机(中国, 长沙平凡仪器仪表有限公司); PAL-1 型迷你数显折射计(日本, ATAGO 公司)。

1.3 方法

1.3.1 实验处理

采摘的蓝莓果实立刻运至实验室, 从中挑选出无病虫害、无机械损伤、并且果蒂颜色基本一致的蓝莓进行下一步实验。将蓝莓分为 4 组, 选 2 组用含量为 500 $\mu\text{L/L}$ 的乙醇对蓝莓进行熏蒸处理 12 h。熏蒸后, 将 4 组分别转移至衬有 PE20 保鲜膜的果实周转筐中, 然后转移至冷库预冷, 预冷 24 h 后将其中用乙醇熏蒸的一组 and 没有用乙醇熏蒸的一组都放入质量分数为 0.2% 的乙烯吸附剂, 另外一处理组设置为对照组, 不做任何处理, 记为 CK 组, 最后将 4 组蓝莓分别进行标记扎袋贮藏(1 ± 0.5) $^{\circ}\text{C}$ 下, 于贮藏期的 0, 20, 40, 60, 80 d 分别对 4 组样品进行相关指标检测, 重复 3 次, 取平均值。

1.3.2 测定指标及方法

蓝莓果实的腐烂率采用计数法测定。蓝莓的硬度指标采用质构仪(P/2 探头, $\phi 2\text{ mm}$)测定。参照张鹏等^[11]报道的方法测定呼吸强度和乙烯生成速率。蓝莓果实可溶性固形物含量采用迷你数显折射仪进行测定。参照 GB/T12456—2008 的方法测定蓝莓果实的可滴定酸含量。花色苷含量采用 pH 示差法来对蓝莓进行测定^[12]。参照曹建康^[13]报道的方法测定蓝莓果实 POD、SOD、PG、CAT 酶的活性。

1.4 数据处理

实验数据采用 Excel 2003 进行数理统计分析, 采用 SPSS 19.0 进行差异显著分析。

2 结果与分析

2.1 不同处理对蓝莓腐烂率的影响

由图 1 可知, 在整个贮藏期间处理组果实的腐烂率均小于 CK 组。在贮藏期前 20 d 内, 不同处理组蓝莓的腐烂率无显著差异($P > 0.05$)。从贮藏 20 d 开始至贮藏 40 d 时, 乙醇+乙烯吸附剂组蓝莓的腐烂率上升得较缓慢, 而 CK 组则快速上升。贮藏期 60 d 时, 不同处理组蓝莓的腐烂率的大小关系为 CK 组 > 乙醇组 > 乙烯吸附剂组 > 乙醇+乙烯吸附剂组。在贮藏 80 d 时, CK 组、乙醇组、乙烯吸附剂

组、乙醇+乙烯吸附剂组的蓝莓腐烂率分别为30.43%，24.35%，19.34%和13.29%，并且乙醇+乙烯吸附剂组的腐烂率显著性低于其它处理组（ $P < 0.05$ ）。由上可以得出，乙醇+乙烯吸附剂组能够有效地降低蓝贮藏期腐烂率。

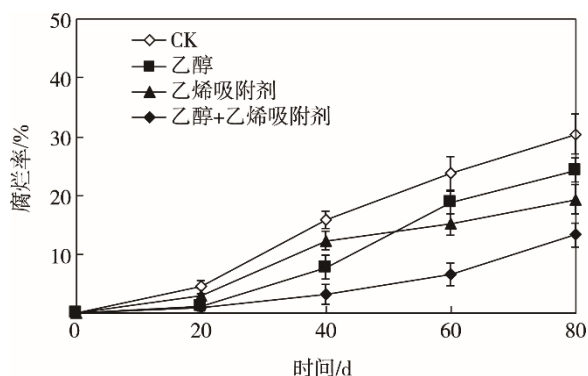


图1 乙醇结合乙烯吸附剂对蓝莓腐烂率的影响

Fig.1 Effects of ethanol combined with ethylene adsorbent on decay rate of blueberry

2.2 不同处理对蓝莓硬度的影响

由图2可知，在贮藏期前20 d内，乙醇+乙烯吸附剂组果实的硬度显著高于CK组（ $P < 0.05$ ），但其他处理组与CK组没有显著差异（ $P > 0.05$ ）。在贮藏期40 d时，不同处理组蓝莓硬度的关系为乙醇+乙烯吸附剂组 > 乙醇组 > 乙烯吸附剂组 > CK组，在贮藏60 d时，CK组、乙醇组、乙烯吸附剂组、乙醇+乙烯吸附剂组的蓝莓硬度分别为95.48，109.86，106.25，113.46 g，处理组果实的硬度均显著高于CK组（ $P < 0.05$ ）。蓝莓硬度从贮藏期开始至贮藏期结束（80 d），CK组、乙醇组、乙烯吸附剂组、乙醇+乙烯吸附剂组的硬度分别下降了36.97%，33.95%，34.23%，27.20%。由此可见，处理组均能够不同程度地延缓果实硬度的下降，其中乙醇+乙烯吸附剂组对蓝莓硬度下降的抑制效果最好。

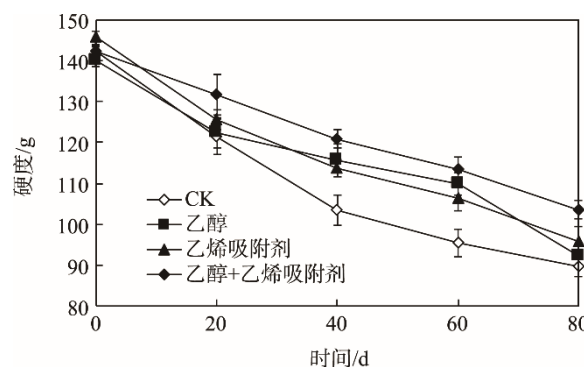


图2 乙醇结合乙烯吸附剂对蓝莓硬度的影响

Fig.2 Effects of ethanol combined with ethylene adsorbent on firmness of blueberry

2.3 不同处理对蓝莓呼吸强度和乙烯生成速率的影响

呼吸强度和乙烯生成速率指标可以反映贮藏期果实的后熟和衰老程度^[14]。由图3a可以得出，在整个贮藏期（0~80 d），蓝莓果实的呼吸强度呈逐渐增加的趋势。在贮藏期20 d内，CK组蓝莓的呼吸强度迅速增大，而处理组果实的呼吸强度上升受到一定抑制。在贮藏期60 d时，不同处理组的蓝莓呼吸强度关系为CK组 > 乙醇组 > 乙烯吸附剂组 > 乙醇+乙烯吸附剂组。在贮藏期80 d时，乙醇组、乙烯吸附剂组、乙醇+乙烯吸附剂组的蓝莓呼吸强度均比CK组低5.55%，13.96%，19.93%，并且乙烯吸附剂组和乙醇+乙烯吸附剂组显著低于其他处理组（ $P < 0.05$ ）。由图3b可知，经过不同处理的蓝莓乙烯生成速率均低于CK组。在贮藏期60 d时，不同处理组的蓝莓乙烯生成速率关系为CK组 > 乙醇组 > 乙烯吸附剂组 > 乙醇+乙烯吸附剂组，这与蓝莓呼吸强度的大小关系相似。在贮藏期80 d时，3个处理组的蓝莓乙烯生成速率均比CK组低12.77%，22.48%，34.89%。由此可见，乙醇+乙烯吸附剂组更有利于延缓蓝莓呼吸强度和乙烯生成速率。

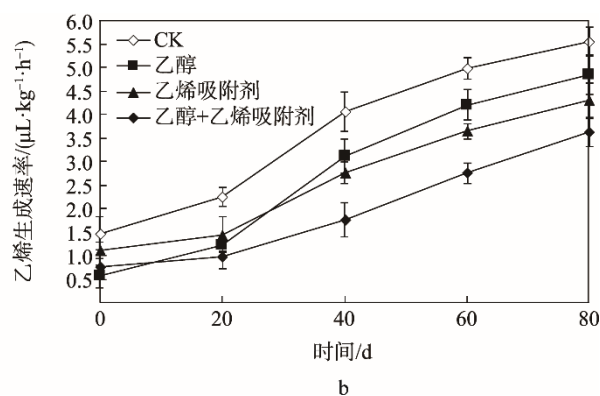
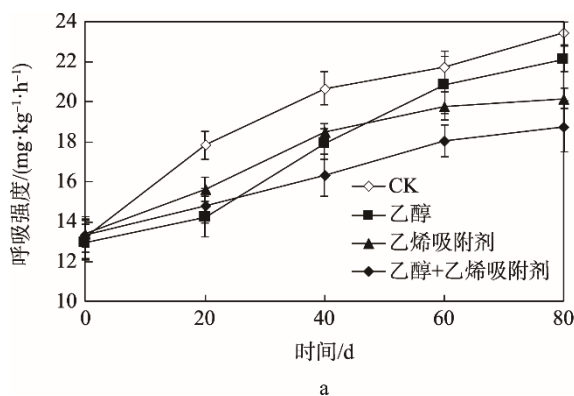
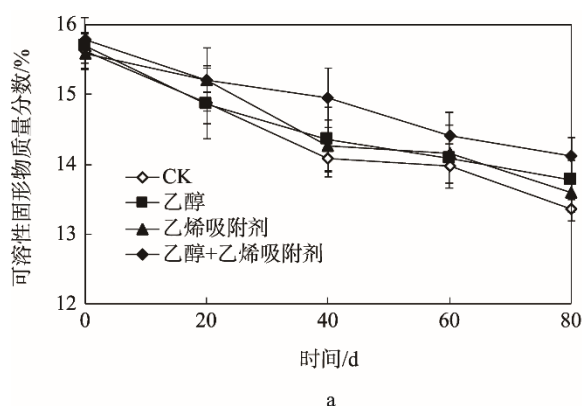


图3 乙醇结合乙烯吸附剂对蓝莓呼吸强度和乙烯生成速率的影响

Fig.3 Effects of ethanol combined with ethylene adsorbent on respiration intensity and ethylene production rate of blueberry

2.4 不同处理对蓝莓可溶性固形物含量和可滴定酸含量的影响

蓝莓果实可溶性固形物和可滴定酸含量的高低是评判贮藏期果实口感变化的重要指标。由图 4 可知, 在整个贮藏期 (0~80 d), 蓝莓果实的可溶性固形物和可滴定酸含量都呈总体下降的趋势。由图 4a 可知, 在贮藏期前 20 d 内, 不同处理的蓝莓可溶性固形物含量无显著差异 ($P > 0.05$), 从贮藏 40 d 开始至贮藏 80 d, 乙醇+乙烯吸附剂组显著高于 CK 组 ($P < 0.05$), 但其他处理组与 CK 无显著差异 ($P > 0.05$)。



在贮藏期 80 d 时, CK 组、乙醇组、乙烯吸附剂组、乙醇+乙烯吸附剂组的蓝莓可溶性固形物质量分数分别为 13.37%, 13.77%, 13.59%, 14.13%。由图 4b 可知, 从贮藏 40 d 开始至贮藏 80 d, 乙醇+乙烯吸附剂组和乙醇组的可滴定酸含量均显著高于 CK 组 ($P < 0.05$), 但乙烯吸附剂组与 CK 组无显著性差异 ($P > 0.05$)。在贮藏 80 d 时, 乙醇组、乙烯吸附剂组、乙醇+乙烯吸附剂组蓝莓果实的可滴定酸含量分别是 CK 组的 1.53 倍、1.30 倍和 1.69 倍。由此可见, 乙醇+乙烯吸附剂组可以更好地延缓蓝莓可溶性固形物含量和可滴定酸含量的降低速率。

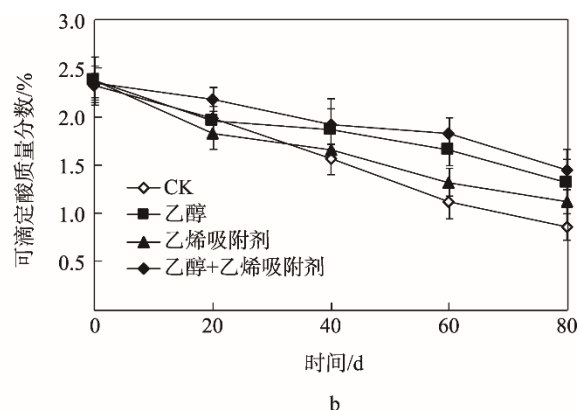


图 4 乙醇结合乙烯吸附剂对蓝莓可溶性固形物和可滴定酸含量的影响

Fig.4 Effects of ethanol combined with ethylene adsorbent on soluble solids content and titratable acid content of blueberry

2.5 不同处理对蓝莓花色苷含量的影响

花色苷是蓝莓重要的功能因子^[15]。由图 5 可知, 果实花色苷含量在贮藏期间呈下降趋势, 从贮藏期 20 d 开始至贮藏期 80 d, 处理组蓝莓的花色苷含量均高于 CK 组。在贮藏 40 d 时, CK 组、乙醇组、乙烯吸附剂组、乙醇+乙烯吸附剂组蓝莓的花色苷含量分别为 149.57, 162.31, 158.42, 172.24 mg/100 g。在贮藏期 60 d 时, 不同处理组的蓝莓花色苷含量关系为乙醇+乙烯吸附剂组 > 乙醇组 > 乙烯吸附剂组 >

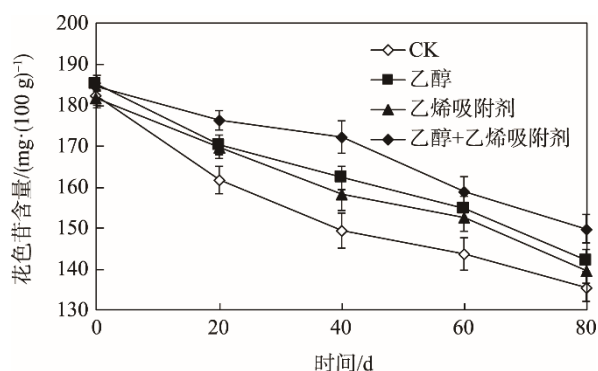


图 5 乙醇结合乙烯吸附剂对蓝莓花色苷含量的影响

Fig.5 Effects of ethanol combined with ethylene adsorbent on anthocyanin content of blueberry

CK 组。在贮藏末期 80 d 时, 乙醇组、乙烯吸附剂组、乙醇+乙烯吸附剂组的果实花色苷含量分别比 CK 组高 4.95%, 3.13%, 9.88%, 并且乙醇+乙烯吸附剂组的果实花色苷含量显著高于其他处理组 ($P < 0.05$)。由此可见, 与对照组 (CK) 相比, 处理组均能够延缓蓝莓花色苷含量的下降, 其中乙醇+乙烯吸附剂组作用效果更好。

2.6 不同处理对蓝莓 SOD 活性的影响

超氧化物歧化酶 (SOD) 能够减少果蔬体内自由基对其毒害的作用, 它是果实体内重要的抗氧化酶之一^[16]。由图 6 可知, SOD 活性在蓝莓贮藏期间呈现下降的趋势。从贮藏期开始, 乙醇+乙烯吸附剂组果实的 SOD 活性下降得较缓慢, 而其他处理组均下降得较快。在贮藏期 40 d 时, 不同组蓝莓 SOD 活性的关系为乙醇+乙烯吸附剂组 > 乙醇组 > 乙烯吸附剂组 > CK 组。在贮藏期 80 d 时, CK 组、乙醇组、乙烯吸附剂组、乙醇+乙烯吸附剂组的蓝莓 SOD 活性分别为 416.25, 427.48, 419.84, 435.31 U/g, 并且乙醇+乙烯吸附剂组和乙醇组与对照组 (CK) 均有显著差异 ($P < 0.05$), 但乙烯吸附剂组与 CK 无显著差异 ($P > 0.05$)。由此可见, 乙醇+乙烯吸附剂组更有利于保持果实的 SOD 活性。

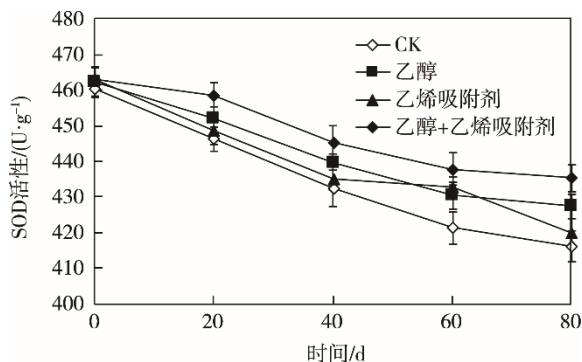


图6 乙醇结合乙烯吸附剂对蓝莓 SOD 活性的影响
Fig.6 Effects of ethanol combined with ethylene adsorbent on SOD activity of blueberry

2.7 不同处理对蓝莓 PG 活性的影响

多聚半乳糖醛酸酶 (Polygalacturonase, PG) 能够反映果实的硬度^[17]。由图 7 可知, 蓝莓的 PG 活性在贮藏期间呈现上升趋势, 并且处理组的蓝莓 PG 活性均低于 CK 组。在贮藏期 20 d 时, CK 组、乙醇组、乙烯吸附剂组、乙醇+乙烯吸附剂组的蓝莓 PG 活性分别为 111.56, 98.75, 105.31, 92.36 U/g。在贮藏 60 d 时, 不同组蓝莓 PG 活性的关系为 CK 组 > 乙烯吸附剂组 > 乙醇组 > 乙醇+乙烯吸附剂组。在贮藏末期 80 d 时, 乙醇组、乙烯吸附剂组、乙醇+乙烯吸附剂组蓝莓果实的 PG 酶活性分别比 CK 组低 11.49%, 4.20%, 15.57%。从贮藏期 20 d 开始至贮藏期 80 d, 乙醇+乙烯吸附剂组的蓝莓 PG 活性均显著低于 CK 组 ($P < 0.05$)。由此可见, 处理组均能够延缓蓝莓 PG 活性的升高速率, 其中乙醇+乙烯吸附剂组的作用效果更好。

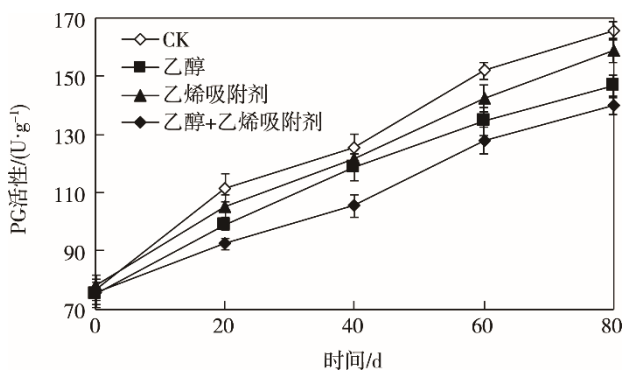


图7 乙醇结合乙烯吸附剂对蓝莓 PG 活性的影响
Fig.7 Effects of ethanol combined with ethylene adsorbent on PG activity of blueberry

2.8 不同处理对蓝莓 CAT 活性的影响

过氧化氢酶 (CAT) 是蓝莓贮藏期间衰老过程的一种保护性酶类, 它能够清除过氧化氢 (H_2O_2), 降低对膜的损害, 从而抑制细胞衰老^[18]。由图 8 可知, 蓝莓贮藏期间 CAT 活性变化呈现先上升后下降的趋

势, 在贮藏期前 20 d 内, 不同组的蓝莓 CAT 活性无显著差异 ($P > 0.05$)。从贮藏期 40 d 开始至贮藏期 80 d 内, 乙醇+乙烯吸附剂组和乙醇组的蓝莓 CAT 活性均显著高于 CK 组 ($P < 0.05$)。在贮藏期 60 d 时, 不同组蓝莓 CAT 活性的关系为乙醇+乙烯吸附剂组 > 乙醇组 > 乙烯吸附剂组 > CK 组。在贮藏末期 80 d 时, CK、乙醇、乙烯吸附剂、乙醇+乙烯吸附剂 4 个处理组的蓝莓果实 CAT 的酶活性分别为 337.82, 377.42, 352.19, 398.45 U/g。由此可见, 与对照组 (CK) 相比, 处理组均有利于延缓蓝莓 CAT 活性的下降速率, 其中乙醇+乙烯吸附剂组能够更好地维持蓝莓的 CAT 活性。

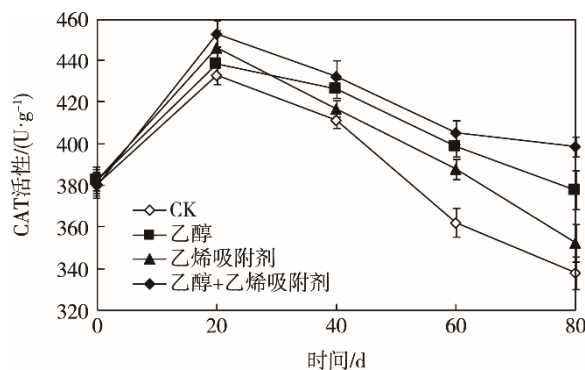


图8 乙醇结合乙烯吸附剂对蓝莓 CAT 活性的影响
Fig.8 Effects of ethanol combined with ethylene adsorbent on CAT activity of blueberry

2.9 不同处理对蓝莓 POD 活性的影响

过氧化物酶 (POD) 可以与过氧化氢酶产生协同作用效果, 它可以将果实体内的过氧化氢 (H_2O_2) 分解成对蓝莓细胞没有伤害的氧气和水, 降低过氧化氢对蓝莓细胞的伤害^[15]。从图 9 可以得出, 在蓝莓的整个贮藏过程中, POD 的酶活呈现先上升后下降的趋势, 这与贮藏期蓝莓果实的 CAT 酶活性的变化趋势基本一致 (见图 8)。从贮藏 40 d 至贮藏 80 d 内, 不同组蓝莓 POD 活性的关系为乙醇+乙烯吸附剂

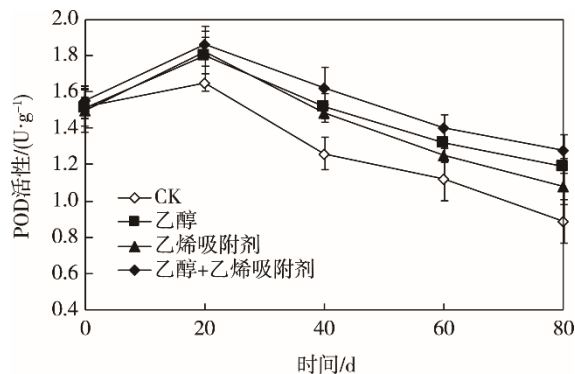


图9 乙醇结合乙烯吸附剂对蓝莓 POD 活性的影响
Fig.9 Effects of ethanol combined with ethylene adsorbent on POD activity of blueberry

组 > 乙醇组 > 乙烯吸附剂组 > CK 组。在贮藏期末期 80 d 时,乙醇组、乙烯吸附剂组、乙醇+乙烯吸附剂组蓝莓果实的 POD 酶活性分别比 CK 组高 0.30、0.19、0.39 U/g,并且乙醇+乙烯吸附剂组和乙醇组均显著高于 CK 组 ($P < 0.05$),而乙烯吸附剂组与 CK 组无显著差异 ($P > 0.05$)。由此可知,乙醇+乙烯吸附剂组对抑制 POD 活性的下降作用效果更好。

3 结语

通过比较不同处理对蓝莓保鲜的作用效果,结果表明乙醇组、乙烯吸附剂组和乙醇+乙烯吸附剂组均能够延缓蓝莓果实的生理代谢水平,推迟蓝莓果实的衰老进程,使蓝莓果实保持更好的营养品质和酶活性。综合比较可知,乙醇+乙烯吸附剂组对蓝莓的保鲜效果最好,能够降低蓝莓果实的腐烂率,抑制贮藏期果实的呼吸强度和乙烯生成速率增加,延缓蓝莓果实硬度的下降,延缓蓝莓果实可溶性固形物、可滴定酸和花色苷含量的降低,保持蓝莓果实 SOD、PG、CAT 和 POD 的活性。由此可见,采用乙醇结合乙烯吸附剂来处理蓝莓,其保鲜效果最好。

参考文献:

- [1] ALEJANDRO D C, EICHHOLZ I, ROHN S, et al. Phenolic Profile and Antioxidant Activity of Highbush Blueberry during Fruit Maturation and Ripening[J]. Food Chemistry, 2008, 109(3): 564—572.
- [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量分析[J]. 中国食品学报, 2014, 14(5): 253—258.
WANG You-sheng, CAI Qi-wei, AN Lin, et al. Multivariate Analysis of the Influence of 1-Methylcyclopropane and Chlorine Dioxide on Fruit Quality of Blueberry during Low Temperature Storage[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2014, 14(5): 253—258.
- [3] 黄晓杰. 采后处理对蓝莓果实衰老的作用及机理研究[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2016.
HUANG Xiao-jie. Effect and Mechanism of Postharvest Treatments on Senescence of Blueberry Fruits[D]. Shenyang: Shenyang Agricultural University, 2016.
- [4] 曹森, 李江阔, 马超, 等. 60Co- γ 辐照结合 1-MCP 处理对蓝莓贮藏品质的影响[J]. 核学报, 2019, 33(8): 75—82.
CAO Sen, LI Jiang-kuo, MA Chao, et al. Effects of 60Co- γ Irradiation Combined with 1-MCP on Storage Quality of Blueberry[J]. Journal of Nuclear Agricultural Sciences, 2019, 33(8): 75—82.
- [5] 朱海侠, 韩涛, 李丽萍. 乙醇对两个品种桃贮藏期品质变化的影响[J]. 食品科学, 2007, 28(10): 540—545.
ZHU Hai-xia, HAN Tao, LI Li-ping, et al. Effects of Post-harvest Ethanol Treatment on Quality Parameters of "Okuba" and "Lvhuo 9" Peaches during Storage[J]. Food Science, 2007, 28(10): 540—545.
- [6] 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.
ZHANG Hong-cui, LI Yun-yun, JIN Miao-miao, et al. Effects of Ethanol Fumigation on Preservation Quality of Agaricus Bisporus[J]. Food and Fermentation Industries, 2018, 44(6): 187—194.
- [7] 杨爱萍, 汪开拓, 金文渊, 等. 乙醇熏蒸处理对杨梅果实保鲜及抗氧化活性的影响[J]. 食品科学, 2011(20): 277—281.
YANG Ai-ping, WANG Kai-tuo, JIN Wen-yuan, et al. Effect of Ethanol Fumigation on Fresh-keeping and Antioxidant Activity of Postharvest Chinese Bayberry[J]. Food Science, 2011(20): 277—281.
- [8] 李传友, 何润兵, 张京开, 等. 缓释杀菌活性包装技术在“夏黑”葡萄保鲜中的应用效果[J]. 北方园艺, 2014(19): 134—137.
LI Chuan-you, HE Run-bing, ZHANG Jing-kai, et al. Effect of SO₂ Controlled Release Active Packaging Technology on the Preservation Performance of 'Xiahei' Grape[J]. Northern Horticulture, 2014(19): 134—137.
- [9] 马超, 曹森, 龙晓波, 等. 基于主成分分析法对不同处理蓝莓鲜果模拟运输及货架品质的评价[J]. 食品科技, 2018, 43(1): 30—37.
MA Chao, CAO Sen, LONG Xiao-Bo, et al. Evaluation on Simulative Transportation and Shelf Quality of Blueberries by Different Treatment Based on Principal Component Analysis[J]. Food Science and Technology, 2018, 43(1): 30—37.
- [10] 汤梅, 罗洁莹, 张浣悠, 等. 不同保鲜处理对鹰嘴蜜桃贮藏品质的影响[J]. 现代食品科技, 2018, 34(3): 167—172.
TANG Mei, LUO Jie-ying, ZHANG Huan-you, et al. Effects of Different Preservation Treatments on Storage Quality of Chick Peach[J]. Modern Food Science and Technology, 2018, 34(3): 167—172.
- [11] 张鹏, 李天元, 李江阔, 等. 微环境气体调控对精准相温贮藏期间柿果保鲜效果的影响[J]. 中国食品学报, 2018, 18(3): 180—187.
ZHANG Peng, LI Tian-Yuan, LI Jiang-Kuo, et al. Effect of Microenvironment Gas Controlled on Fresh-keeping Effect of Persimmon Fruits during Accurate Phase Temperature Storage[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2018, 18(3): 180—187.
- [12] MOYER R A, HUMMER K E, FINN C E, et al. Anthocyanins, Phenolics, and Antioxidant Capacity in Diverse Small Fruits: Vaccinium, Rubus, and Ribes[J]. Journal of Agricultural & Food Chemistry, 2002, 50(3): 519—25.
- [13] 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, 2013: 20—160.
- CAO Jian-kang, JIANG Wei-bo, ZHAO Yu-mei. Experiment Guidance of Postharvest Physiology and Biochemistry of Fruit and Vegetables[M]. Bei-jing: China Light Industry Press, 2013: 20—160.
- [14] JIN P, SHANG H T, CHEN J J, et al. Effect of 1-Methylcyclopropene on Chilling Injury and Quality of Peach Fruit during Cold Storage[J]. Journal of Food Science, 2011, 76(8): 485—491.
- [15] 李天元, 张鹏, 李江阔, 等. 贮藏微环境气体调控对蓝莓冷藏期果实品质及挥发性物质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2016, 42(8): 226—234.
- LI Tian-yuan, ZHANG Peng, LI Jiang-kuo, et al. Effect of Storage Microenvironment Gas Regulation on Blueberry Quality and Volatile Substances During Cold Storage[J]. Food and Fermentation Industries, 2016, 42(8): 226—234.
- [16] 曹森, 王瑞, 钱波, 等. 1-MCP 对“贵长”猕猴桃模拟运输后货架品质影响研究[J]. 食品工业科技, 2016, 37(6): 335—340.
- CAO Sen, WANG Rui, QIAN Bo, et al. Effect of 1-MCP on the 'Guichang' Kiwi Shelf Quality after Postharvest Simulate Transport[J]. Science and Technology of Food Industry, 2016, 37(6): 335—340.
- [17] 曹森, 王瑞, 赵成飞, 等. 采前喷施哈茨木霉菌对采后蓝莓贮藏品质及生物活性的影响[J]. 江苏农业学报, 2017, 33(2): 424—431.
- CAO Sen, WANG Rui, ZHAO Cheng-Fei, et al. Effects of *Trichoderma Harzianum* Preharvest Application on Postharvest Storage Quality and Biological Activity of Blueberry[J]. Jiangsu Journal of Agricultural Sciences, 2017, 33(2): 424—431.
- [18] 章宁瑛, 邵海燕, 陈杭君. 臭氧处理对蓝莓贮藏品质及抗氧化酶活性的影响[J]. 中国食品学报, 2017, 17(8): 170—175.
- ZHANG Ning-ying, GAO Hai-yan, CHEN Hang-jun. Effect of Ozone Treatment on Storage Quality and Antioxidant Enzyme Activities of Blueberries[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2017, 17(8): 170—175.