

doi:10.11937/bfyy.20210669

CO₂ 冲击不同时间后气调贮藏对 蓝莓货架期品质的影响

吉 宁, 曹 森, 巴良杰, 吴定娇, 马立志, 王 瑞

(贵阳学院 食品与制药工程学院, 贵州省果品加工技术研究中心, 贵州 贵阳 550005)

摘 要:以‘粉蓝’蓝莓为试材,采用 CO₂ 冲击不同时间后贮藏于气调环境内 60 d,出库后进行货架试验,研究各处理对蓝莓货架期品质的影响,以期为延长蓝莓的货架期提供参考依据。结果表明:通过 CO₂ 冲击后,贮藏及货架期果实品质均要好于对照组,而冲击时间不同,效果也不同;其中冲击 24 h 的果实表现最好,其在贮藏后的货架期腐烂率、呼吸强度、脂氧合酶(LOX)和过氧化物酶(POD)活性最低,硬度、可溶性固形物含量、花色苷含量、维生素 C 含量、多酚含量、超氧化物歧化酶(SOD)活性能维持最高。综上,通过采后 CO₂ 冲击能有效的延长贮藏后蓝莓果实的货架期,但冲击时间不宜过长,以 24 h 为宜。

关键词:蓝莓;二氧化碳;货架;品质

中图分类号:TS 262.7 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2021)20-0097-07

蓝莓(*Vaccinium corymbosum* L.)属杜鹃花科越橘属,又名越橘,富含花青素,具有抗癌、抗炎等功效,被称为人类五大健康食品之一,深受广大消费者喜爱^[1-6]。但蓝莓属于小浆果类,贵州省种植的蓝莓成熟季节多雨、高温、高湿,极易导致蓝莓果实在采后出现失水、腐烂等现象,因此,蓝莓的发展受到了采后贮藏、保鲜技术的限制。

目前,蓝莓采后保鲜研究多集中在低温^[7-9]、保鲜剂^[10-13]、辐照^[14-18]、气调^[19-26]等。通过对不

同贮藏温度的筛选发现,蓝莓在 1~3 °C 环境下保鲜效果最好^[7-8];张平等^[26]通过气调箱改变蓝莓贮藏气体微环境,发现 CO₂ 浓度 10%~12%、O₂ 浓度 6%~9% 为最适宜的贮藏气体浓度,而张鹏等^[22]研究表明,贮藏 30~60 d, O₂ 浓度 10.5%~14.9%, CO₂ 浓度 5.5%~10.5% 的气体微环境,更有利于蓝莓鲜果的贮藏;李天元等^[23]通过气调结合 1-MCP 的方式对‘伯克利’蓝莓低温贮藏,发现结合处理方式贮藏效果好于单独气调或 1-MCP 处理的果实;薛璐等^[27]通过出库进行货架试验,发现经 4 °C 放置 12 h 后转入 10 °C 放置 12 h 处理的蓝莓果实货架效果最好;姜爱丽等^[28]通过体积分数为 99.9% 的高浓度 CO₂ 冲击蓝莓后贮藏于 1 °C 环境下,发现处理 48 h 和 96 h 的果实能将贮藏时间延长 50 d,但并未对贮藏后的果实进行货架试验。该研究以贵州省种植的‘粉蓝’蓝莓为试材,使用 CO₂ 对其进行冲击后,贮藏于低温气调环境下,60 d 后出库进行货架试验,探寻最佳的贮藏工艺,以期为蓝莓采后贮藏、销售提供参考依据。

第一作者简介:吉宁(1984-),男,硕士,副教授,现主要从事果蔬贮藏与保鲜等研究工作。E-mail:jining552100@163.com.

责任作者:王瑞(1979-),男,博士,教授,现主要从事果蔬贮藏与保鲜等研究工作。E-mail:wangrui060729@126.com.

基金项目:贵州省科技计划资助项目(黔科合成果[2019]4221号);贵州省普通本科高等学校服务农村产业革命战略行动计划资助项目(黔教合 KY 字[2018]090);贵阳学院科研资金资助项目(GYU-KY-[2021])。

收稿日期:2021-02-15

1 材料与方 法

1.1 试验材料

供试材料:蓝莓品种为‘粉蓝’,2019年7月17日采摘于贵州省黔东南苗族侗族自治州麻江县宣威镇光明村小桥边蓝莓种植基地(北纬26.36°,东经107.73°)。

供试试剂:乙酸、乙酸钠、氢氧化钠、乙醇、聚乙烯吡咯烷酮、福林酚、愈创木酚为分析纯,均购于成都金山化学试剂有限公司。

供试仪器:ZQBX-9型果蔬实验气调柜(天津利源捷能气体设备股份有限公司);精准控温保鲜库($\pm 0.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $(90\% \pm 5\%)$ RH,国家农产品保鲜工程技术研究中心监制);UV-2550紫外分光光度计(日本 Shimadzu 公司);TA.XT.Plus物性测定仪(英国 Stable Micro Systems 公司);PAL-1型迷你数显折射计(日本 ATAGO 公司);A11型分析用研磨机(德国 IKA 公司);Casarte-LC-162E型冷藏展示柜(青岛海尔股份有限公司);CheckPoint II O₂型残氧仪(丹麦 PBI-Dansensor 公司)。

1.2 试验方法

蓝莓于当天 09:00 开始采摘,选取无病虫害、果形端正且萼片未倒伏、色泽均匀、大小一致、无机械伤、成熟度相对一致(九成熟、底部微红)的果实,使用塑料镂空周转小框进行分装,后转移到大框内,每个大框转入 12 个小框,于 3 h 内运回实验室,25 °C 下使用工业风扇除田间热 1 h 后,转移到(1.0±0.5)°C 的环境中预冷 12 h;然后将果实转移到气调柜内,温度(1.0±0.5)°C,相对湿度≥95%,使用 CO₂ 对果实冲击不同的时间,冲击完毕后将气调柜调整到 O₂ 浓度 3%,CO₂ 浓度 3% 进行贮藏,60 d 后将果实取出,于 4 °C 冷藏柜内进行货架试验,每 2 d 随机取出 3 小框(3 平行)进行 1 次指标测定,总货架时间 6 d。CO₂ 冲击时间分别为 12、24、48 h,不冲击为对照,分别记为 IM12、IM24、IM48 和 CK;指标测定时间分别为采摘当天(记为 0 d),贮藏期(记为 60 d),货架期(记为 62、64、66 d),每个处理 12 小框,每小框作为 1 个重复单元。

1.3 项目测定

1.3.1 呼吸强度测定

参照 ZHANG 等^[29]静置法并略有修改测定呼吸强度。

1.3.2 果实腐烂率测定

表面出现流水、破裂、霉菌为已腐烂。腐烂率(%)=腐烂果颗粒数/总颗粒数×100。

1.3.3 果实硬度测定

参照吉宁等^[13]穿刺法测定果实硬度。

1.3.4 可溶性固形物含量测定

随机挑选 30 粒好果,打浆离心后取上清液测定可溶性固形物含量。

1.3.5 花色苷、维生素 C、多酚含量测定

参照李军^[30]钼蓝比色法并略有修改测定维生素 C 含量。

参照 MOYER 等^[31]pH 示差法和福林酚法并略有修改测定花色苷、总酚含量。

1.3.6 过氧化物酶(POD)、脂氧合酶(LOX)、超氧化物歧化酶(SOD)活性测定

参照曹建康等^[32]愈创木酚比色法并略有修改测定 POD 活性;参照 YAO 等^[33]分光光度法并略有修改测定 LOX 活性;参照 YOU 等^[34]氮蓝四唑法并略有修改测定 SOD 活性。

1.4 数据分析

试验结果以平均值±标准差表示,用 Origin Lab 9.0 软件作图,用 SPSS 19.0 软件对数据进行 Duncan 氏新复极差法进行数据差异显著性分析($P < 0.05$, 差异显著; $P < 0.01$, 差异极显著; $P > 0.05$, 差异不显著)。

2 结果与分析

2.1 CO₂ 冲击不同时间对蓝莓果实呼吸强度的影响

呼吸强度能反映果蔬的贮藏效果,其强度越大,养分消耗越快^[35]。从图 1 可以看出,贮藏期与货架期,所有处理的呼吸强度均呈上升趋势。贮藏 60 d 时,CK 的呼吸强度最大,与 IM48 处理差异不显著($P > 0.05$);IM24 处理的呼吸强度最小,但与 IM12、IM48 处理差异不显著($P > 0.05$),与 CK 差异显著($P < 0.05$)。货架第 2 天

和第 4 天时,CK 的呼吸强度均最高,且与其它各处理差异显著($P < 0.05$),而 IM12、IM24、IM48 处理间差异不显著($P > 0.05$);货架第 6 天时,CK 的呼吸强度仍然最大,其次为 IM12 处理,此时二者与其它各处理间差异显著($P < 0.05$),IM24 和 IM48 处理呼吸强度最低,而此时二者之间差异不显著($P > 0.05$)。由此说明 CO_2 冲击 24 h 和 48 h 后,在货架末期能延缓蓝莓果实的呼吸强度上升。

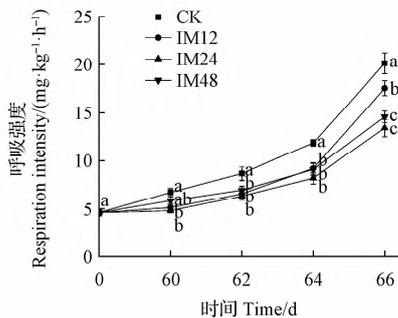


图 1 CO_2 冲击不同时间对蓝莓果实呼吸强度的影响

Fig. 1 Effects of CO_2 impact for different time on respiration intensity of blueberry fruits

2.2 CO_2 冲击不同时间对蓝莓果实腐烂率的影响

腐烂率能直接反映贮藏及货架期间蓝莓果实的品质。由图 2 可知,贮藏期与货架期,蓝莓果实的腐烂率均呈上升的趋势。CK 的腐烂率始终高于其它处理,且差异显著($P < 0.05$);贮藏 60 d 和货架 2 d 时,IM12、IM24 和 IM48 处理间的腐烂率差异不显著($P > 0.05$);货架第 4 天和第 6 天

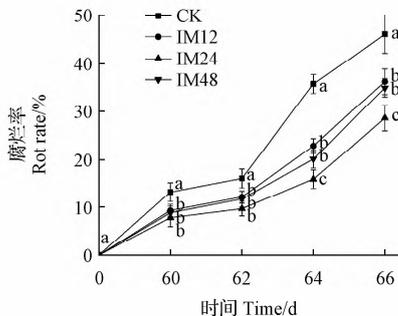


图 2 CO_2 冲击不同时间对蓝莓果实腐烂率的影响

Fig. 2 Effects of CO_2 impact for different time on rot rate of blueberry fruits

时,IM24 处理的腐烂率(15.96%、28.65%)均最低,且与其它各处理间差异显著($P < 0.05$),而此时,IM12 和 IM48 处理间的腐烂率差异不显著($P > 0.05$)。说明贮藏前通过 CO_2 冲击,能有效降低贮藏及货架期间果实腐烂率,而在货架末期,以 IM24 处理效果最好。

2.3 CO_2 冲击不同时间对蓝莓果实硬度的影响

果实在成熟、衰老过程中,硬度会逐渐下降,其能反映果实的成熟度和贮藏及货架品质。从图 3 可以看出,贮藏期与货架期,蓝莓果实的硬度均呈下降的趋势。从贮藏 60 d 到货架第 4 天,IM24 处理的硬度(128.34、126.30、118.74 g)均保持最高,且与其它各处理间差异显著($P < 0.05$),其次为 IM48 处理,但在货架第 4 天时,IM48 处理下降到与 CK、IM12 处理的硬度差异不显著($P > 0.05$);货架第 6 天,IM24 处理的硬度仍然高于 CK,且差异显著($P < 0.05$)。说明通过贮藏前 CO_2 冲击,能延缓果实在贮藏及货架期的硬度下降,其中以冲击 24 h 效果最好。

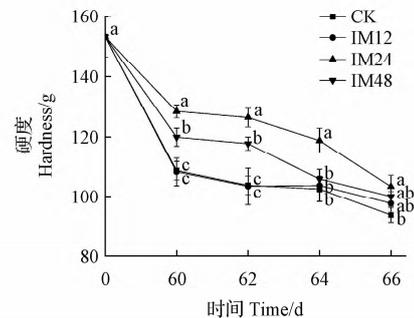


图 3 CO_2 冲击不同时间对蓝莓果实硬度的影响

Fig. 3 Effects of CO_2 impact for different time on hardness of blueberry fruits

2.4 CO_2 冲击不同时间对蓝莓果实可溶性固形物含量的影响

果实中的总可溶性固形物由糖、少量的酸、维生素、矿物质以及一些可溶性果胶组成^[36],能直观的反映果实的口感和后熟程度。从图 4 可以看出,贮藏期与货架期,各处理可溶性固形物含量均呈下降的趋势。贮藏 60 d 到货架 2 d 时,CK 可溶性固形物含量(12.93%、12.63%)最低,且与其它各处理间差异显著($P < 0.05$);IM24 和 IM48 处理含量最高,但二者之间差异不显著($P >$

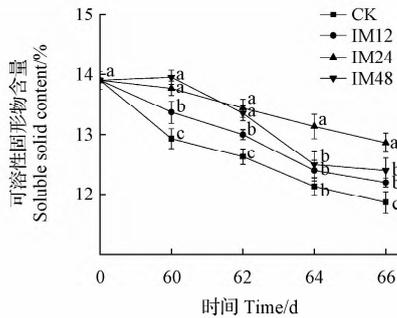


图4 CO₂冲击不同时间对蓝莓果实可溶性固形物含量的影响

Fig. 4 Effects of CO₂ impact for different time on soluble solid content of blueberry fruits

0.05);货架第4~6天,IM24处理的可溶性固形物含量(13.13%、12.86%)仍然维持最高,且与其它各处理间差异显著($P < 0.05$)。说明贮藏前对果实进行CO₂冲击,能延缓果实在贮藏及货架期的可溶性固形物的下降,其中以冲击24h效果最好。

2.5 CO₂冲击不同时间对蓝莓果实花色苷含量的影响

花色苷是果蔬中的营养成分之一,蓝莓中的花色苷含量能直接反映贮藏及货架期间的品质变化。从图5可以看出,贮藏期与货架期,各处理的花色苷含量均呈下降趋势。贮藏60d时,CK的花色苷含量(160.68 mg · 100g⁻¹)最低,且与其它各处理间差异显著($P < 0.05$);IM24和IM48处理的花色苷含量(174.38、173.98 mg · (100g)⁻¹)最高,二者之间差异不显著($P > 0.05$);货架第

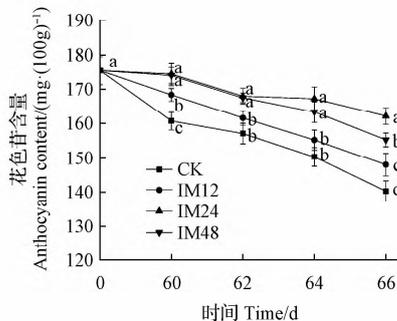


图5 CO₂冲击不同时间对蓝莓果实花色苷含量的影响
Fig. 5 Effects of CO₂ impact for different time on anthocyanin content of blueberry fruits

2~4天时,IM24和IM48处理花色苷含量均高于CK和IM12处理,而IM24和IM48处理、CK和IM12处理之间差异不显著($P > 0.05$);货架第6天时,IM24处理的花色苷含量(162.08 mg · (100g)⁻¹)最高,CK含量(140.25 mg · (100g)⁻¹)最低,且各处理间均差异显著($P < 0.05$)。说明CO₂冲击后,在贮藏期和货架期能维持果实较高的花色苷含量。

2.6 CO₂冲击不同时间对蓝莓果实维生素C含量的影响

维生素C是果实内的营养物质之一,果实在衰老过程中发生的氧化反应通常会将维生素C消耗^[37],因此其含量的变化可作为反映蓝莓果实在贮藏及货架期间营养价值及试验效果的评判指标。从图6可知,贮藏期与货架期,各处理维生素C含量呈下降的趋势,而IM24处理含量始终高于其它各处理,且差异显著($P < 0.05$);贮藏60d、货架第2天和第4天时,IM12、IM48和CK间维生素C含量差异不显著($P > 0.05$);货架第6天时,CK维生素C含量(11.12 mg · (100g)⁻¹)最低,且与其它各处理间差异显著($P < 0.05$)。由此说明蓝莓果实采后通过CO₂冲击能有效的在贮藏和货架期延缓维生素C含量下降,维持果实的营养价值。

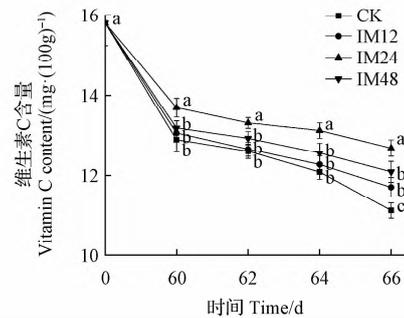


图6 CO₂冲击不同时间对蓝莓果实维生素C含量的影响
Fig. 6 Effects of CO₂ impact for different time on vitamin C content of blueberry fruits

2.7 CO₂冲击不同时间对蓝莓果实多酚含量的影响

多酚类物质为植物次生代谢产物,与果实成熟衰老、抗病、抗逆性密切相关。从图7可以看出,贮藏期与货架期,各处理多酚含量呈

下降的趋势,贮藏 60 d 时,IM24 处理多酚含量($1.31 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$)最高,而其它各处理差异不显著($P > 0.05$);货架第 2 天,各处理间多酚含量差异不显著($P > 0.05$);货架第 4 天时,IM24 处理多酚含量($1.11 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$)最高,CK($0.84 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$)最低,IM12 和 IM48 处理间差异不显著($P > 0.05$);货架第 6 天,IM24 处理多酚含量($1.04 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$)仍然最高,而此时,其它各处理间多酚含量差异不显著($P > 0.05$)。由此说明,采摘后 CO_2 冲击 24 h,能维持果实多酚含量,延缓果实衰老进程。

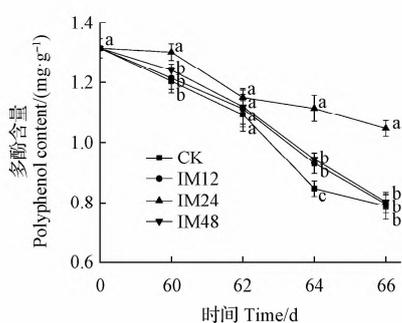


图 7 CO_2 冲击不同时间对蓝莓果实多酚含量的影响

Fig. 7 Effects of CO_2 impact for different time on polyphenol content of blueberry fruits

2.8 CO_2 冲击不同时间对蓝莓果实过氧化物酶活性的影响

过氧化物酶(POD)与果蔬采后生理生化代谢密切相关,能间接反映蓝莓果实贮藏及货架期间的衰老进程。从图 8 可以看出,贮藏期与货架期,各处理的 POD 活性均呈上升的趋势。贮藏 60 d 时,CK 的 POD 活性($0.78 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$)

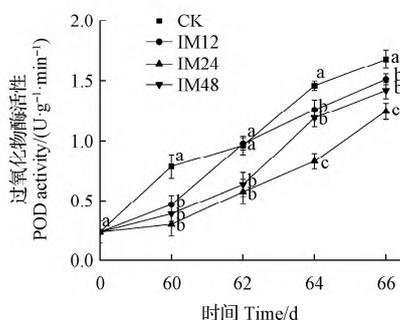


图 8 CO_2 冲击不同时间对蓝莓果实过氧化物酶活性的影响

Fig. 8 Effects of CO_2 impact for different time on POD activity of blueberry fruits

最高,而其它处理间差异不显著($P > 0.05$);货架第 2 天,CK 和 IM12 处理活性最高,二者之间差异不显著($P > 0.05$);货架第 4~6 天时,CK 的 POD 活性仍然最高,而 IM24 处理低于其它各处理,且差异显著($P < 0.05$)。说明采后 CO_2 冲击能延缓蓝莓果实在贮藏及货架期 POD 活性增加,其中,以冲击 24 h 延缓效果最好。

2.9 CO_2 冲击不同时间对蓝莓果实脂氧合酶活性的影响

脂氧合酶(LOX)是引起果蔬采后衰老的酶,能反映蓝莓果实贮藏及货架期的衰老进程。从图 9 可以看出,贮藏期与货架期,各处理的 LOX 活性均呈上升的趋势。贮藏 60 d 时,CK 的 LOX 活性最高,IM24 处理活性最低,且二者与其它各处理间均差异显著($P < 0.05$);从货架第 2~6 天,CK 和 IM12 处理的 LOX 活性均最高,二者差异不显著($P > 0.05$),而 IM24 和 IM48 LOX 活性维持最低,且二者差异不显著($P > 0.05$)。说明较长时间的 CO_2 冲击能在贮藏和货架期降低 LOX 的活性,从而延缓蓝莓果实的衰老进程。

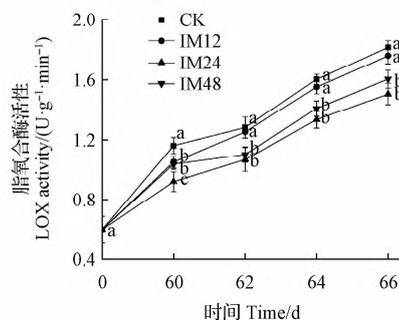


图 9 CO_2 冲击不同时间对蓝莓果实脂氧合酶活性的影响

Fig. 9 Effects of CO_2 impact for different time on LOX activity of blueberry fruits

2.10 CO_2 冲击不同时间对蓝莓果实超氧化物歧化酶活性的影响

超氧化物歧化酶能对果蔬酶促防御系统起到保护作用,其能清除果蔬细胞内的活性氧自由基,能间接反映果实的衰老进程。从图 10 可以看出,贮藏期与货架期,各处理蓝莓果实的 SOD 活性均呈下降的趋势。贮藏 60 d 时,各处理 SOD 活性差异不显著($P > 0.05$);货架第 2 天时,IM24 处理的活性($10.53 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$)最高,且与其

它各处理间差异显著($P < 0.05$);货架第4~6天,IM24和IM48处理的活性均高于CK和IM12处理,而此时IM24和IM48处理、CK和IM12处理间差异不显著($P > 0.05$)。说明 CO_2 冲击24h或48h,能在货架期延缓果实SOD活性降低,间接的延缓果实衰老。

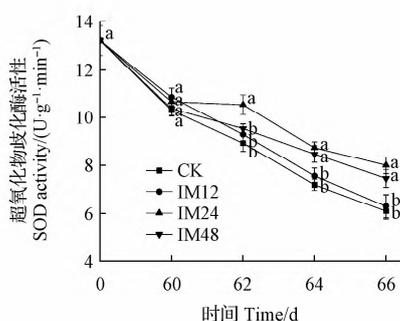


图10 CO_2 冲击不同时间对蓝莓果实超氧化物歧化酶活性的影响

Fig. 10 Effects of CO_2 impact for different time on SOD activity of blueberry fruits

3 讨论与结论

蓝莓鲜果采后极易失水、腐烂,从而失去商品价值。现阶段蓝莓鲜果贮藏保鲜研究报道较多,但贮藏后进行货架试验的研究较少。有研究表明,蓝莓贮藏于适宜的 CO_2 浓度下能有效改变果实的呼吸速率,从而延缓果实的衰老。该研究首先使用 CO_2 对蓝莓鲜果进行冲击,然后于低温、气调环境下贮藏60d,通过与CK对比分析发现,使用 CO_2 冲击后的果实在货架期的呼吸强度和腐烂率明显降低,果实的可溶性固形物、花色苷、维生素C和多酚含量均比CK高,POD和LOX活性均低于CK,说明 CO_2 冲击后能有效延缓蓝莓果实货架期衰老。综上,蓝莓鲜果采后使用高浓度 CO_2 冲击适宜时间,能有效延长果实的贮藏期和货架期品质,其中, CO_2 冲击24h的果实在货架期综合品质表现最好。

参考文献

[1] 李金星,胡志和.蓝莓花青素的研究进展[J].核农学报,2013,27(6):817-822.
[2] WANG C Y, YAN C S, CAI J M, et al. Optimization of extraction parameters for blueberry anthocyanins[J]. Current Topics in Nutraceutical Research, 2019, 17(4): 388-393.

[3] DONG X Y, YANG Y L. A novel approach to enhance blueberry quality during storage using cold plasma at atmospheric air pressure[J]. Food and Bioprocess Technology, 2019, 12(8): 1409-1421.
[4] NORBERTO S, SILVA S, MEIRELES M, et al. Blueberry anthocyanins in health promotion: A metabolic overview[J]. Journal of Functional Foods, 2013, 5(4): 1518-1528.
[5] LIN Y, LI B, ZHAO J, et al. Combinatorial effect of blueberry extracts and oxaliplatin in human colon cancer cells[J]. Journal of Cellular Physiology, 2019, 234(10): 17242-17253.
[6] TAO W, GAO Y, GUO X, et al. Blackberry and blueberry anthocyanin supplementation counteract high-fat-diet-induced obesity by alleviating oxidative stress and inflammation and accelerating energy expenditure[J]. Oxidative Medicine & Cellular Longevity, 2018(1): 1-9.
[7] 屈海泳,刘连妹,张旻倩,等.冷藏温度对蓝莓果实品质的影响[J].安徽农业大学学报,2014,41(5):871-874.
[8] 王法格.蓝莓冷藏保鲜效果及其内含物动态变化[J].浙江农业科学,2016,57(6):912-914.
[9] 于继男,薛璐,鲁晓翔,等.温度驯化对蓝莓冰温贮藏期间生理品质变化的影响[J].食品科学,2014,35(22):265-269.
[10] 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.
[11] 王友升,蔡琦玮,安琳,等.1-甲基环丙烯对蓝莓果实品质与活性氧代谢影响的多变量解析[J].食品科学,2013,34(14):340-345.
[12] 曹森,吉宁,巴良杰,等.采前喷施保鲜剂对蓝莓贮藏品质的影响[J].食品与机械,2020,36(5):146-150.
[13] 吉宁,龙晓波,李江阔,等.1-MCP结合臭氧处理对蓝莓低温保鲜效果的影响[J].食品工业科技,2019,40(11):302-307.
[14] 陈梦玉,林平,程转红,等. ^{60}Co - γ 辐照技术在蓝莓贮藏保鲜上的应用[J].西南农业学报,2014,27(1):285-290.
[15] 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):1308-1316.
[16] 龙明秀,吴凤玉,田竹希,等. ^{60}Co - γ 辐照处理对蓝莓保鲜效果的影响[J].核农学报,2019,33(11):2165-2176.
[17] 曹森,李江阔,马超,等. ^{60}Co - γ 辐照结合1-MCP处理对蓝莓贮藏品质的影响[J].核农学报,2019,33(8):1519-1526.
[18] 巴良杰,罗冬兰,曹森,等.1-MCP结合 ^{60}Co - γ 辐照对蓝莓贮藏期品质的影响[J].北方园艺,2019(8):118-124.
[19] 郭丹,韩英群,郝义.箱式气调保鲜对蓝莓果实贮藏期及货架期品质生理影响[J].西北农业学报,2016,25(12):1829-1836.
[20] 侯帅.不同包装方法对蓝莓采后生理相关指标的影响[J].北方园艺,2016(7):124-127.
[21] 张广燕.箱式气调贮藏对蓝莓采后生理生化指标的影响[J].北方园艺,2014(2):132-134.
[22] 张鹏,李天元,李江阔,等.不同气调元件对便携式气调箱冷藏蓝莓保鲜效果的影响[J].食品工业科技,2016,37(21):333-337.
[23] 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.

[24] 张鹏, 刘虹丽, 李江阔, 等. 微环境箱式气调对物流后蓝莓冷藏期间保鲜效果的影响[J]. 食品科技, 2017, 42(7): 32-37.

[25] 司琦, 胡文忠, 姜爱丽, 等. 动态气调贮藏对蓝莓采后生理代谢品质的影响[J]. 包装工程, 2017, 38(17): 13-18.

[26] 张平, 李江阔, 张鹏, 等. 蓝莓塑料箱式气调保鲜技术研究[J]. 保鲜与加工, 2010, 10(3): 9-11.

[27] 薛璐, 于继男, 鲁晓翔, 等. 出库方式对冰温贮藏蓝莓货架期品质变化的影响[J]. 食品工业科技, 2015, 36(12): 328-331.

[28] 姜爱丽, 孟宪军, 胡文忠, 等. 高 CO₂ 冲击处理对采后蓝莓生理代谢及品质的影响[J]. 农业工程学报, 2011, 27(3): 362-368.

[29] ZHANG D, XU X, ZHANG Z, et al. 6-Benzylaminopurine improves the quality of harvested litchi fruit[J]. Postharvest Biology and Technology, 2018, 143: 137-142.

[30] 李军. 钼蓝比色法测定还原型维生素 C[J]. 食品科学, 2000, 21(8): 42-45.

[31] 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.

[32] 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.

[33] YAO W, XU T, FAROOQ S U, et al. Glycine betaine treatment alleviates chilling injury in zucchini fruit (*Cucurbita pepo* L.) by modulating antioxidant enzymes and membrane fatty acid metabolism[J]. Postharvest Biology and Technology, 2018, 144: 20-28.

[34] YOU Y, JIANG Y, SUN J, et al. Effects of short-term anoxia treatment on browning of fresh-cut Chinese water chestnut in relation to antioxidant activity[J]. Food Chemistry, 2012, 132(3): 1191-1196.

[35] NAVARRO J M, FLORES P, GARRIDO C, et al. Changes in the contents of antioxidant compounds in pepper fruits at different ripening stages, as affected by salinity[J]. Food Chemistry, 2006, 96(1): 66-73.

[36] TEERACHAICHAYUT S, HO H T. Non-destructive prediction of total soluble solids, titratable acidity and maturity index of limes by near infrared hyperspectral imaging[J]. Postharvest Biology and Technology, 2017, 133: 20-25.

[37] DAN X, HARIRONG Q, DAN R. Prolonged preservation of tangerine fruits using chitosan/montmorillonite composite coating[J]. Postharvest Biology & Technology, 2018, 143(4): 50-57.

Effects of Controlled Atmosphere Storage on Shelf Life Quality of Blueberry After CO₂ Impact for Different Times

Ji Ning, CAO Sen, BA Liangjie, WU Dingjiao, MA Lizhi, WANG Rui

(School of Food and Pharmaceutical Engineering, Guiyang College/Guizhou Engineering Research Center for Fruit Processing, Guiyang, Guizhou 550005)

Abstract: The ‘Fenlan’ blueberry was used as the test material, after different time of CO₂ shock, the blueberries were stored in a modified atmosphere for 60 days. After delivery, the shelf test was carried out, the effect of each treatment on the shelf-life quality of blueberries was studied, in order to provide a reference for prolonging the shelf life of blueberries was studied. The results showed that after CO₂ shock, the fruit quality was better than that of the control group during storage and shelf life, and the effect was different with different shock time; among them, the fruits impacted for 24 hours showed the best performance, and their shelf-life decay rate, respiratory intensity, lipoxygenase (LOX) and peroxidase (POD) activities were the lowest, while their hardness, soluble solids content, anthocyanin content, vitamin C content, polyphenol content and superoxide dismutase (SOD) activity were the highest. In conclusion, the shelf life of blueberry fruits could be effectively prolonged by post-harvest CO₂ shock, but the shock time should not be too long, and the optimum time was 24 hours.

Keywords: blueberry; carbon dioxide; shelf; quality