动态气调贮藏对蓝莓采后生理代谢品质的影响

司琦 ^{1,2}, 胡文忠 ^{1,2,3}, 姜爱丽 ^{1,2}, 马新秀 ^{1,2,3}, 王倩影 ^{1,2} (1.大连民族大学, 大连 116600; 2.生物技术与资源利用教育部重点实验室, 大连 116600; 3.大连工业大学, 大连 1166034)

摘要:目的 以"奥尼尔"蓝莓为实验材料,研究在1°C下,普通贮藏、静态气调包装(O_2 和 CO_2 的体积分数分别为 5%,30%)和动态气调包装(在 O_2 和 CO_2 的体积分数分别为 5%,50%的环境中贮藏 4 d 后转为 O_2 和 CO_2 的体积分数分别为 5%,30%)对采后蓝莓果实生理品质以及耐藏性的影响。方法 以 7 d 为周期,对酶促防御系统的酶活性、抗性相关酶活性、非酶促防御系统的抗氧化物质的含量、呼吸速率、果实硬度进行测定。结果 与普通贮藏相比,动态气调贮藏以及静态贮藏均激发了果实自身的防御系统,而动态气调包装更能够使过氧化物酶、过氧化氢酶和超氧化物歧化酶的活性得到提高,有效控制了还原性谷胱甘肽的下降,减缓了维生素 C含量的降低速率,减缓了丙二醛生成的速率,同时也抑制了多酚氧化酶的活性,有效抑制了蓝莓的褐变与腐败变质。结论 动态气调贮藏能够有效控制蓝莓的衰老与腐败,维持果实原有风味,延长蓝莓的贮藏期与货架期。

关键词:"奥尼尔"蓝莓;动态气调;静态气调;生理代谢

中图分类号: TB485.2 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2017)17-0013-06

Effects of Dynamic Modified Atmosphere Storage on Quality of Physiological Metabolism of the Postharvest Blueberry

SI Qi^{1,2}, HU Wen-zhong^{1,2,3}, JIANG Ai-li^{1,2}, MA Xin-xiu^{1,2,3}, WANG Qian-ying^{1,2} (1.Dalian Minzu University, Dalian 116600, China; 2.Key Laboratory of Biotechnology and Bioresource Utilization, Ministry of Education, Dalian 116600, China; 3.Dalian Polytechnic University, Dalian 116034, China)

ABSTRACT: The work aims to study the effects of the common storage and static modified atmosphere packaging (the volume fractions of O_2 and CO_2 were respectively 5% and 30%) and dynamic modified atmosphere packaging (the volume fractions of O_2 and CO_2 were respectively changed to 5% and 30% after stored in the environment where the volume fractions of O_2 and CO_2 were respectively 5% and 50%) at 1 $^{\circ}$ C on the physiology quality and storability of the est blueberry. Meanwhile, the activity of enzymatic defense system and resistance related enzymes, the concentration of antioxidants in the non-enzymatic defense system as well as respiration rate and fruit firmness were measured every 7 days. The results showed that, compared with the common storage, the dynamic modified atmosphere (DMA) and static modified atmosphere (SMA) stimulated the defense system of the fruit. However, the DMA could improve the activities of peroxidase (POD), catalase (CAT) and superoxide dismutase (SOD) in a better way, and effectively control the decrease of GSH, slow down the decreased content of vitamin C and the generation rate of MDA, inhibit the activity of PPO, and effectively inhibit the browning and spoilage of blueberry. Dynamic modified atmosphere storage can effectively control the blueberry aging and corruption, maintainthe original flavor of the fruit, and prolongthe storage period and shelf life of blueberry.

KEY WORDS: O'Neil blueberry; dynamic modifiedatmosphere; static modified atmosphere; physiological metabolism

收稿日期: 2017-06-22

基金项目: "十三五" 国家重点研发计划 (2016YFD0400903); 国家自然科学基金 (31471923, 31172009); 国家"十二五" 科技支撑计划 (2012BAD38B05)

作者简介:司琦(1992—),女,大连民族大学硕士生,主攻食品加工与质量安全控制。

通讯作者:胡文忠(1959—),男,博士,大连民族大学教授,主要研究方向为食品科学。

蓝莓,别名越橘,为杜鹃花科越橘属植物,多年生灌木,果实为浆果。蓝莓具有极强的药用价值和营养功能,因其口感酸甜,营养价值又极高,被誉为"浆果之王",已被联合国粮农组织列为人类五大健康食品之一^[1]。蓝莓的成熟期在高温多雨的 6—8 月,由于天气炎热潮湿,蓝莓果实在室温下放置 2~4 d 就会发生腐烂变质^[2]。蓝莓的价格相对较高,因此采后蓝莓的保鲜贮藏有着广阔的研究前景。

国内外的相关报道均表明,蓝莓有较强的耐高浓度 CO₂ 的特性^[3—5],针对蓝莓的这一特性,选择使用动态气调贮藏技术来分析其对蓝莓生理品质的影响。动态气调贮藏是现阶段国外研究较多的一种非化学延长水果贮藏期的贮藏保鲜技术,它是指在不同的贮藏时期控制不同的气体指标,以适应果实从健康向衰老的过程中对气体成分的适应性也在不断变化的特点,从而有效延缓果实的代谢过程、更好地保持食用品质^[6]。在查阅相关文献后,笔者所在课题组选择体积分数为 30%的 CO₂ 为基础进行实验^[3],以品种极佳的"蓝金"作为样品进行试验,分析在不同气调条件下采后蓝莓生理品质的变化情况,以此建立气调处理蓝莓更为理想和有效的贮藏条件。

1 实验

1.1 材料与仪器

主要材料: 奧尼尔品种蓝莓, 大连越橘科技开发有限公司; 愈创木酚、邻苯二酚、盐酸、甲醇、磷酸二氢钠、磷酸氢二钠、聚乙烯吡咯烷酮、 H_2O_2 、三氯乙酸、硫代巴比妥酸、氢氧化钠, 均为分析纯, 天津科密欧化学试剂有限公司。

主要仪器: GC-2010 型气相色谱仪,日本岛津公司; T-25 型匀浆机,德国 IKA 公司; UV-2100 型紫外分光光度计,尤尼柯上海仪器有限公司;电子天平,梅特勒-托利多仪器上海有限公司; TGL-20M 高速冷冻离心机,湖南湘仪实验室仪器开发有限公司; DK-S24 型电热恒温水浴锅,上海森信实验仪器有限公司; 510-1FHR-1 果实硬度计,Takemura Electric Works Ltd; O₂/CO₂ 分析仪,丹麦丹圣 PBI Dansensor。

1.2 贮藏方法

静态气调始终在 O_2 和 CO_2 体积分数分别为 5% 和 30%(以下简称为 5% O_2 +30% CO_2)的环境中贮藏; 动态气调在 O_2 和 CO_2 体积分数分别为 5%和 50% (以下简称为 5% O_2 +50% CO_2)中贮藏 4 d 后转为 5% O_2 +30% CO_2 ; 普通贮藏 (CK 组) 在 0.04 mm 薄膜塑料袋(未扎口)中进行贮藏。

样品采收回来后立即放入冷库预冷 24 h, 每组处 理装箱 1 kg 样品, 并重复制作 3 次, 所有样品均置 于光学气调保鲜箱中并在(1±1)℃的温度下贮藏。

每隔 7 d 取样 1 次,进行各项指标的测定。每次取样后,立即对气调箱进行充气,重新恢复箱内气体比例。

1.3 检测指标及方法

- 1)非酶促防御系统抗氧化物质含量的测定。还原性谷胱甘肽(GSH)和还原性抗坏血酸使用试剂盒的方法测定。
- 2)酶促防御系统中重要的酶活性的测定。取 5 g 去皮果肉,加 0.2 g 聚乙烯吡咯烷酮于 20 mL 浓度为 0.2 mol/L 的磷酸缓冲溶液 (pH 值为 6.4)中,冰浴研磨,于 4℃下使用转速为 12 000 r/min 的高速冷冻离心机离心 30 min,取上清液备用。过氧化物酶(POD)参照姜爱丽等的方法^[7],以每克果实每分钟在 460 nm 的波长下吸光值变化 1 为 1 个酶活单位(U)。过氧化氢酶(CAT)的测定参照 Wang 的方法^[8],以每克果实每分钟在 240 nm 的波长下吸光值变化 1 为 1 个酶活单位(U)。超氧化物岐化酶(SOD)的测定使用试剂盒的方法,通过黄嘌呤及黄嘌呤氧化酶反应系统产生超氧阴离子(O²-),O²-可还原氮蓝四唑生成蓝色甲臜,以每克果实每分钟在 560 nm 的波长下吸光值变化 1 为 1 个酶活单位(U)。
- 3) 抗性相关酶活性的测定。多酚氧化酶(PPO)的测定参照曹健康等的方法^[9], 以每克果实每分钟在398 nm 的波长下吸光值变化1为1个酶活单位(U)。
- 4)膜脂过氧化的测定。丙二醛(MDA)的检测 参考曹建康的方法^[9]。
- 5)呼吸强度、果实硬度的测定。将 500 g 蓝莓在密闭的干燥盒子内静置 1 h,使用 GC-2010 型气相色谱仪,并更换 TCD 检测器,测定每小时每千克蓝莓在密闭空间内呼吸代谢释放出的 CO₂体积,由此测得蓝莓呼吸强度;随机抽取 10 个蓝莓样品,用探头直径为 8 mm 的硬度计测定果实硬度,最后取平均值,单位为 N。

以上各种酶活性及含量的检测均重复测定 3 次。

1.4 数据差异性分析

所有数据使用 Excel 2007 进行统计处理。

2 结果与分析

2.1 非酶促系统

不同处理方式对蓝莓非酶促系统的影响见图 1。由图 1a 可知,普通贮藏组的 GSH 含量整体呈下降趋势,但另 2 组均一定程度地抑制和维持了下降趋势,14 d 时,动态气调组和静态气调组分别比普通贮藏组的 GSH 含量高出了 26.2%和 21.9%;在第 14,28 天时,动态气调组对 GSH 含量下降趋势的抑制效果均显著高于普通贮藏组。在贮藏后期,动态气调组的曲线态势仍好于其他 2 组。由图 1b 可知,未经处理样

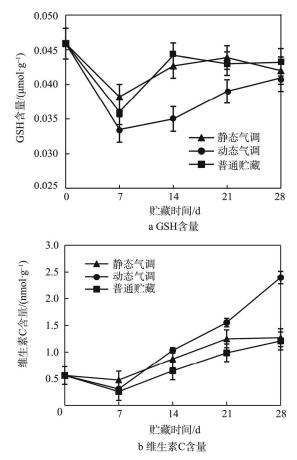


图 1 不同处理方式对蓝莓非酶促系统的影响 Fig.1 Effect of different treatments on non-enzymatic system of blueberry

品的维生素 C 含量在前期小幅度下降后呈现缓慢上升的趋势,但含量始终低于另外 2 组。在 28 d 时,动态气调组的维生素 C 含量已显著高于另外 2 组。在 贮藏期间,维生素 C 易被氧化降解^[10],因此初期时维生素 C 含量会有下降,但当果蔬在胁迫状态下时,果蔬的维生素 C 含量会有不同程度的变化,这都取决于贮藏期间的 CO₂浓度、温度和时间^[11]。

合成 GSH 的前体物质之一就有维生素 C,维生素 C 不仅能维持 GSH 的巯基处于还原状态,而且可以使氧化型谷胱甘肽转变为 GSH,使机体代谢产生的 H_2O_2 被还原^[12]。实验中 2 种处理方式均有效维持了 GSH 和维生素 C 的含量,且在 28 d 时,动态处理组的 GSH 和维生素 C 的含量同时都有所上升,说明动态气调处理最有效,且证明了 GSH 和维生素 C 有协同作用。

2.2 酶促系统

不同处理方式对蓝莓酶促系统的影响见图 2。由图 2a 可知,3 组样品的 POD 活性均呈不同程度的上升趋势,但能明显看出经动态气调处理的样品其 POD 活性显著好于普通贮藏组。在贮藏结束时,动态气调、静态气调、普通贮藏的 POD 活性分别是处理前的2.39,1.517,1.876 倍。

果实衰老的根本原因在于活性氧的积累, CAT和 SOD 都是活性氧的清除剂, SOD 能在植物衰老的过程中清除组织内的活性氧,维持活性氧代谢的平

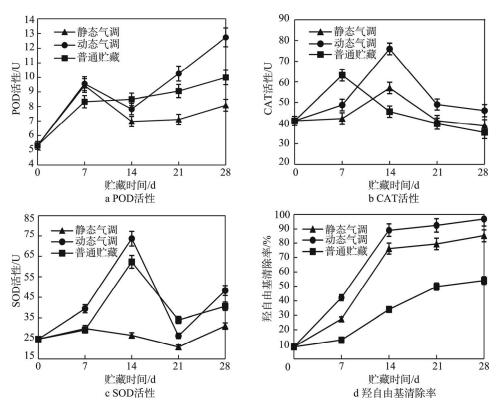


图 2 不同处理方式对蓝莓酶促系统的影响

Fig.2 Effects of different treatments on blueberry enzymatic system

衡,保护膜结构,从而延缓衰老;CAT 能够催化分解组织内的 H_2O_2 ,从而降低 H_2O_2 的产生。由图 2b 可知,贮藏期间蓝莓的 CAT 活性均呈先上升后下降的趋势,但经处理的蓝莓由于 CO_2 的初期抑制,上升较缓慢,在第 14 天时上升到最大峰值,其中动态气调组更有利于 CAT 活性的提高和保持,而普通贮藏组在初期上升后就开始快速下降。

由图 2c 可知, 3 组样品的 SOD 活性在贮藏期间呈现先上升后下降的趋势,但 2 个处理组的最大峰值分别在第 14 天达到了 73.704,62.687 U,而普通组的最大峰值 29.789 U 出现在第 7 天,显著低于处理组。动态气调组又在第 14,28 天显著高于静态处理组。

羟自由基是几种活性氧中最容易发生反应的自由基,几乎可以与活细胞中的任何生物大分子反应,且反应速度迅速。羟自由基清除能力是样品抗氧化能力的重要指标之一,这里测定的羟自由基清除率是指体系清除羟自由基的比例。由图 2d 可知,动态气调组的羟自由基清除率显著高于另 2组,在第 28 天达到峰值。

2.3 抗性酶活性

高浓度 CO_2 和低浓度 O_2 对 PPO 有抑制作用,因此抑制了组织的褐变^[13]。不同处理方式对蓝莓抗性酶活性的影响见图 3,可以看出,在贮藏期间, PPO 的

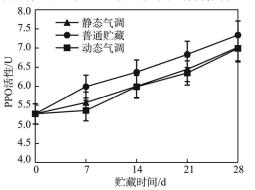


图 3 不同处理方式对蓝莓抗性酶活性的影响 Fig.3 Effects of different treatments on the activity of resistant enzymes in blueberry

活性呈上升趋势,然而经过处理的 2 组都在一定程度上抑制了 PPO 活性的升高。在第 7 天时,普通贮藏的 PPO 活性分别是静态气调和动态气调的 1.047,1.117 倍。

2.4 膜脂过氧化性能

MDA 是膜脂过氧化作用的产物之一。MDA 含量增加,膜脂过氧化能力加强,随之导致膜衰老加剧。不同处理方式对蓝莓 MDA 含量的影响见图 4,可以看出,MDA 的含量均处于上升趋势。14 d 后,经 CO₂处理的 MDA 含量显著低于普通贮藏组,说明经 CO₂

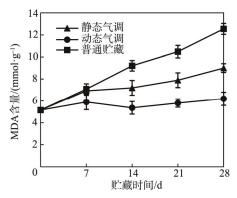
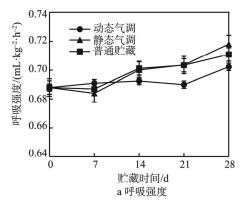


图 4 不同处理方式对蓝莓丙二醛含量的影响 Fig.4 Effect of different treatments on the content of MDA in blueberry

处理的样品能够明显抑制膜脂过氧化作用,进而抑制 MDA 的生成。尤其是经过动态气调处理的 MDA 含量曲线持续维持在较低水平,与另外 2 组差异显著,证明动态气调处理的效果最好。

2.5 呼吸速率、硬度

不同处理方式对蓝莓呼吸强度和硬度的影响见图 5。由图 5a 可知,与普通贮藏相比,在贮藏过程中,经 CO2 处理的 2 组其呼吸强度相对较低,而普通贮藏的呼吸强度呈先下降后上升的趋势,动态气调组的呼吸强度却呈现非常平缓的上升趋势,证明经 CO2 处理的样品其呼吸受到一定程度的抑制。在第 21 天时,动



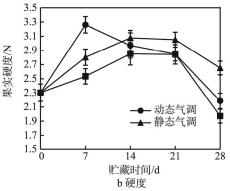


图 5 不同处理方式对蓝莓呼吸强度和硬度的影响

Fig.5 Effects of different treatments on respiration intensity and hardness of blueberry

态气调组的呼吸强度显著低于另外 2 组,达到差异性显著水平 (P < 0.05)。由图 5b 可知,3 组蓝莓果实硬度都出现了先上升后下降的趋势,前期上升的原因是放入低温贮藏致使果实硬度增加。在贮藏期内,普通对照组的硬度显著低于处理组,第 28 天时,静态气调组的硬度虽然处于下降趋势,但仍高于另外 2 组。

3 讨论

气调贮藏保鲜技术具有通过物理手段保持浆果 的稳定性,抑制浆果成熟,避免低温冷伤害和生理损 伤,长期保持浆果的色香味和品质的特点,已经成为 浆果贮藏保鲜方面的研究热点[14]。动态气调贮藏方式 更是由于其可更好适应果蔬的生理特性而受到广泛 关注。关于气调处理蓝莓果实早有研究,高浓度 CO₂ 与低浓度 O₂ 相结合的气调贮藏方式能够有效保持果 实的硬度、风味、色泽等生理品质[15]。在刘萌等[16] 的研究中发现,与普通冷藏、挽口冷藏相比,自发气 调贮藏能够更好地保持果实的硬度与维生素 C 含量。 在研究过程中,气调箱内的蓝莓果实不断呼吸使箱内 气体体积实现动态平衡。在贮藏过程中, 果实硬度不 断下降是因为糖类的消耗与淀粉的分解。与 PE 膜处 理相比,气调箱处理能够更好抑制蓝莓果实的呼吸强 度[17]。这里采用气调装置贮藏"奥尼尔"蓝莓果实 28 d, 并与普通贮藏进行对比。在之前的研究中, 发现 蓝莓对 CO₂ 有着极强的耐受力, 纯 CO₂ 冲击处理蓝 莓 48 或 96 h, 可有效降低呼吸代谢速率, 抑制腐烂 并延长 10 d 的保鲜期^[3]。

合适的 O_2 和 CO_2 体积比能够激发蓝莓的自我防御系统,提高过氧化酶和超氧化酶的活性,抑制多酚氧化酶等的活性,清除代谢产生的自由基,延缓果实软化、腐烂变质^[18]。在该研究中,酶促防御系统与非酶促防御系统都发挥了良好的作用,截止到贮藏期结束,SOD,CAT,POD 的活性都得到了显著的提高和保持,证明使用动态气调的处理方式是有效的。

4 结语

与普通贮藏方式和 5% O₂+30% CO₂的静态气调贮藏相比,经过 5% O₂+50% CO₂贮藏 4 d 后转为 5% O₂+30% CO₂贮藏的动态气调贮藏激发了果实自身的防御系统,有效控制了 GSH 的下降,减缓了维生素 C 含量的降低,减慢了 MDA 生成的速率,同时也抑制了 PPO 的活性和果实的褐变与腐败变质。SOD,POD,CAT 是酶促系统的重要保护酶,这 3 种酶的活性经过动态气调处理都得到了提高和保持,有效防止了自由基的侵害。高浓度的 CO₂抑制了蓝莓果实的呼吸作用,减慢了呼吸代谢的速率,延缓了果实的衰老。气调装置可以有效延缓硬度的降低,防止营养成分的

损失。

蓝莓可以在高浓度 CO₂ 的激发下,诱导出自身的防御系统,然后在长时间的气调处理下有效抑制呼吸代谢,抑制膜脂过氧化作用,抑制褐变,延缓果实的衰老与腐败变质。这种不使用任何化学试剂的气调保鲜方式,不仅能够有效控制果实的衰老与腐败,维持果实原有风味,还能够延长贮藏期与货架期,具有良好的应用前景。

参考文献:

- [1] 郜海燕, 徐龙, 陈杭君, 等. 蓝莓采后品质调控和抗氧化研究进展[J]. 中国食品学报, 2013, 13(6): 1—8. GAO Hai-yan, XU Long, CHEN Hang-jun, et al. Research Progress on Postharvest Quality Control and Antioxidant Activity of Blueberries[J]. Journal of Chinese Institute of Food, 2013, 13(6): 1—8.
- [2] 魏文平, 华璐云, 万金庆, 等. 蓝莓冰温贮藏的实验研究[J]. 食品工业科技, 2012(13): 346—348. WEI Wen-ping, HUA Lu-yun, WAN Jin-qing, et al. Study on Ice-temperature Preservation of Blueberry[J]. Science and Technology of Food Industry, 2013(13): 346—348
- [3] 姜爱丽. 蓝莓果实采后生理生化代谢及调控研究[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2011. JIANG Ai-li. Study on Physio-biochemical Metabolism and Its Regulation of Postharvest Blueberry Fruits[D]. Shenyang: Shenyang Agriculture University, 2011.
- [4] CHIABRANDO V, GIACALONE G. Shelf-life Extension of Highbush Blueberry Using 1-methylcyclopropene Stored under Air and Controlled Atmosphere[J]. Food Chemistry, 2011(6): 1812—1816.
- [5] 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. JIANG Ai-li, MENG Xian-jun, HU Wen-zhong, et al. Effect of High CO₂ Shock Treatments on Physiological Metabolism and Quality of Postharvest Blueberry Fruits[J]. Transactions of the CASE, 2011, 27(3): 362—368.
- [6] 佟伟, 赵杰, 王阳, 等. 动态气调贮藏对甜樱桃果实品质的影响[J]. 中国果树, 2016(6): 25—28. TONG Wei, ZHAO Jie, WANG Yang, et al. Effects of Dynamic Controlled Atmosphere Storage on Quality of Sweet Cherry[J]. China Fruits, 2016(6): 25—28.
- [7] JIANG A L, TIAN S P, XU Y. Effect of Controlled Atmospheres with High O₂ or High-CO₂ Concentrations on Postharvest Physiology and Storability of "Napoleon" Sweet Cherry[J]. Journal of Integrative Plant Biology, 2002, 44(8): 925—930.
- [8] WANG Y S, TIAN S P, XU Y, et al. Changes in the Activities of Pro- and Anti-oxidant Enzymes in Peach

- Fruit Inoculated with Cryptococcus Laurentii, or Penicillium Expansum, at 0 or 20 °C[J]. Postharvest Biology & Technology, 2004, 34(1): 21—28.
- [9] 曹建康,姜微波. 果蔬采后生理生化实验指导[M]. 北京: 中国轻工业出版社,2007: 103—105. CAO Jian-kang, JIANG Wei-bo. Experiment Guidance of Postharvest Physiolgy and Biochemistry of Fruits and Vegetables[M]. Beijing: China Light Industry

Press, 2007: 103-105.

- [10] 贺强, 吴立仁. 蓝莓果实中营养成分的生物学功能 [J]. 北方园艺, 2010(24): 222—224. HE Qiang, WU Li-ren. Discussions on the Biological Function of Nutrients in Blueberry Fruit[J]. Northern Horticulture, 2010(24): 222—224.
- [11] 王艳颖, 胡文忠, 庞坤, 等. 机械损伤对富士苹果生理生化变化的影响[J]. 食品与发酵工业, 2007, 33(7): 58—62.
 - WANG Yan-ying, HU WEN-zhong, PANG Kun, et al. Effect of Mechanical Damage on the Physiology and Biochemistry in Fuji Apple[J]. Food and Fermentation Industry, 2007, 33(7): 58—62.
- [12] KADER A A, LEE S K. Preharvest and Postharvest Factors Influencing Vitamin C Content of Horticultural Crops[J]. Postharvest Biology and Technology, 2000 (20): 207—220.
- [13] ALI S, KHAN A S, MALIK A U, et al. Effect of Controlled Atmosphere Storage on Pericarp Browning, Bioactive Compounds and Antioxidant Enzymes of Litchi Fruits.[J]. Food Chemistry, 2016(6): 18.

[14] 戚英伟, 田建文, 王春良. 水果气调贮藏保鲜研究进展[J]. 保鲜与加工, 2014(4): 53—58.

QI Ying-wei, TIANJian-wen, WANG Chun-liang. Research Advances in Modified Atmosphere Preservation

of Fruits[J]. Storage and Process, 2014(4): 53-58.

- [15] REMÓN S, FERRER A, MARQUINA P, et al. Use of Modified Atmospheres to Prolong the Postharvest Life of Burlat Cherries at Two Different Degrees of Ripeness[J]. Journal of the Science of Food & Agriculture, 2000, 80(10): 1545—1552.
- [16] 刘萌, 范新光, 王美兰, 等. 不同包装方法对蓝毒采后生理及贮藏效果的影响[J]. 食品科学, 2013, 34(14): 346—350.

 LIU Meng, FAN Xin-guang, WANG Mei-lan, et al. Influence of Different Packaging Methods on Physiological Properties of Blubberyduring Posthervest Sto-

rage[J]. Food Science, 2013, 34(14): 346-350.

- [17] 朱麟, 凌建刚, 康孟利, 等. 不同包装方式对兔眼蓝薄保鲜效果的影响[J]. 食品与发酵工业, 2012, 38(3): 190—193.

 ZHU Lin, LING Jian-gang, KANG Meng-li, et al. Effect of Different Package Methods on Quality of Blueberries during Cold Storage[J]. Food Ferment Industry, 2012, 38(3): 190—193.
- [18] PANIAGUA A C, FAST A R, HEYES J A. Interaction of Temperature Control Deficiencies and Atmosphere Conditions during Blueberry Storage on Quality Outcomes[J]. Postharvest Biology & Technology, 2014 (5): 50—59.