

不同采收期对 1-MCP 处理后蓝靛果贮藏品质的影响

赵倩¹, 张鹏^{2,3}, 贾晓昱^{2,3}, 李春媛^{2,3}, 霍俊伟⁴, 李江阔^{2,3}, 魏宝东¹

(1.沈阳农业大学 食品学院, 沈阳 110866; 2.天津市农业科学院农产品保鲜与加工技术研究所, 天津 300384; 3.国家农产品保鲜工程技术研究中心(天津)农业农村部农产品贮藏保鲜重点实验室 天津市农产品采后生理与贮藏保鲜重点实验室, 天津 300384; 4.东北农业大学 a.园艺园林学院 b.寒地小浆果开发利用国家地方联合工程研究中心, 哈尔滨 150030)

摘要: **目的** 探究不同采收期对 1-MCP 处理后蓝靛果在 0~75 d 期间品质的影响, 为蓝靛果长期贮存的最佳采收期提供参考。**方法** 以 2 个采收期(采收期 I: 果实开花后 45 d; 采收期 II: 果实开花后 50 d)的蓝靛果为实验材料, 在采后用 1-甲基环丙烯(1-Methylcyclopropene, 1-MCP)进行处理后装入保鲜箱, 在(-0.5±0.3)℃下贮藏 75 d, 每隔 15 d 取样测定感官、营养以及生理指标。**结果** 与采收期 II 组相比, 采收期 I 组更能较好地保持果实硬度, 降低果实腐烂发霉、流汁、果霜减少的现象。在贮藏 75 d 时采收期 I 组果实呼吸强度为 202.79 mg/(kg·h), 乙烯生成速率为 23.27 μL/(kg·h), 分别比采收期 II 组降低了 4.90% 和 10.08%, 同时可抑制丙二醛含量的积累以及相对电导率的上升, 并在贮藏末期可显著保持抗坏血酸、花色苷、总酚及可溶性蛋白等营养品质($P < 0.05$)。**结论** 采收期 I 组(果实开花后 45 d)的蓝靛果用于长期贮藏可以保持较好的外观和内在品质。

关键词: 蓝靛果; 采收期; 1-甲基环丙烯

中图分类号: TS255.36 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2023)11-0078-09

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2023.11.009

Effects of Different Harvest Periods on the Storage Quality of *Lonicera caerulea* L. after 1-MCP Treatment

ZHAO Qian¹, ZHANG Peng^{2,3}, JIA Xiao-yu^{2,3}, LI Chun-yuan^{2,3}, HUO Jun-wei⁴,
LI Jiang-kuo^{2,3}, WEI Bao-dong¹

(1. School of Food Science, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866, China; 2. Institute of Agricultural Products Preservation and Processing Technology, Tianjin Academy of Agricultural Sciences, Tianjin 300384, China; 3. Tianjin Key Laboratory of Postharvest Physiology and Storage of Agricultural Products, Key Laboratory of Storage of Agricultural Products, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, National Engineering and Technology Research Center for Preservation of Agricultural Products (Tianjin), Tianjin 300384, China; 4. a. School of Horticulture b. National-Local Joint Engineering Research Center for Development and Utilization of Small Fruits in Cold Regions, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

ABSTRACT: The work aims to explore the effects of different harvest periods on the quality of *Lonicera caerulea* L. after 1-MCP treatment during 0~75 d, so as to provide a reference for the optimal harvest period of *Lonicera caerulea* L. for long-term storage. *Lonicera caerulea* L. of two harvest periods (harvest period I: 45 d after fruit flowering; harvest period

收稿日期: 2022-10-18

基金项目: 国家重点研发计划(2022YFD1600504); 兵团重点领域科技攻关项目(2019AB024)

作者简介: 赵倩(1997—), 女, 硕士生, 主攻果蔬贮运保鲜。

通信作者: 魏宝东(1969—), 男, 博士, 副教授, 主要研究方向为果蔬贮运保鲜。

II: 50 d after fruit flowering) was used as the experimental materials. After treated with 1-methylcyclopropene (1-MCP), the *Lonicera caerulea* L. was put into a crisper box and stored at (-0.5 ± 0.3) °C for 75 days and then sampled every 15 days to measure organoleptic, nutritional and physiological indicators. Compared with the harvest period II. group, the harvest period I. group was better to maintain the fruit hardness, reducing the phenomenon of fruit rot and mildew, juice and fruit frost. After storage of 75 d, the respiration intensity of the fruit in the harvest period I. group was 202.79 mg/(kg·h) and the ethylene formation rate was 23.27 $\mu\text{L}/(\text{kg}\cdot\text{h})$, 4.90% and 10.08% lower than those in the harvest period II. group, respectively. The he accumulation of malondialdehyde content and the increase of relative conductivity could be inhibited. At the end of storage, the nutritional qualities of ascorbic acid, anthocyanins, total phenols and soluble protein ($P<0.05$) were significantly maintained. *Lonicera caerulea* L. from harvest period I. group (45 d after fruit flowering) can maintain good appearance and intrinsic quality after long-term storage.

KEY WORDS: *Lonicera caerulea* L.; harvest period; 1-Methylcyclopropene (1-MCP)

蓝靛果 (*Lonicera caerulea* L.) 又称黑瞎子果, 其作为一种新兴的商品性水果, 具有丰富的野生资源, 多生长于中国新疆、东北大小兴安岭以及俄罗斯和美洲北部等地区, 是一种特有的寒带小型浆果^[1-2]。蓝靛果富含糖类、有机酸、矿物质, 并且所含氨基酸含量较普通水果高, 其中必需氨基酸占总量的 40% 左右, 能够调节人体机能, 调节血压^[3]。蓝靛果质地较软, 不耐贮藏, 严重制约了其进一步的开发利用。有研究发现过早采摘果实, 会因其生长周期短、养分积累不足而造成感官和营养品质下降。过晚采摘果实表面易发生褶皱脱水, 更易发生机械损坏, 不易贮存, 因此适宜的采收期对蓝靛果在贮藏期间外观和内在品质的保持具有至关重要的作用。

国内外关于采收期与果实品质之间的联系报道较多。曹森等^[4]对“贵长”猕猴桃最适宜的采收期进行探究, 结果发现生长发育期 130~140 d 的猕猴桃后熟品质和酶活性最佳。刘鸣哲等^[5]对 3 个不同采收期鲜食枣常温货架期品质进行了研究, 结果表明半红期是鲜食枣货架期的最佳采收期, 此时果实硬度、蛋白质含量、总糖及黄酮含量均处于最高。张静增等^[6]对 7 个不同采收期“鸭梨”品质和生理指标进行探究, 结果表明长期贮藏、短期贮藏以及即时销售分别对应盛花期 162~169 d、176 d 和 183 d 前后, 此时是果实营养品质最佳阶段。Ribeiro 等^[7]研究了 3 个采收期的针叶樱桃的贮藏效果, 发现在盛花后 18 d 绿色时期采收的保鲜效果更好, 此时果实外观及营养品质 (维生素 C 和硬度) 较好。Sun 等^[8]对 3 个不同采收期的柠檬进行了研究, 发现采收期为绿色的柠檬贮藏时间更久, 可达 90 d 且后期品质也保持较好。1-甲基环丙烯 (1-Methylcyclopropene, 1-MCP) 作为果蔬的一种新型绿色化学保鲜剂, 通过抑制乙烯与受体相结合, 进而抑制果蔬的生理代谢, 延长贮藏期。在苹果^[9]、梨^[10]、猕猴桃^[11]等方面均有广泛应用。根据现有的研究, 霍俊伟等^[1]用 1-MCP 对蓝靛果贮藏品质进行了研究, 结果表明 1-MCP 处理可以保持果实外观和质地, 维持抗坏血酸、花色苷、呼吸强度、丙二醛等

营养和生理品质, 同时可提高果实总谷胱甘肽、还原型谷胱甘肽、氧化型谷胱甘肽等抗氧化能力。

目前, 不同采收期对 1-MCP 处理后蓝靛果保鲜效果的研究鲜有报道。因此, 本实验通过采后用 1-MCP 进行处理, 并在此基础上针对 2 个不同采收期的蓝靛果进行品质和生理指标的研究, 明确经 1-MCP 处理后的蓝靛果的最佳采收期, 以期为其保鲜研究给予一定技术参考。

1 实验

1.1 材料与设备

1.1.1 材料

主要材料: 蓝靛果的品种为“蓝精灵”, 采自黑龙江省哈尔滨市蓝靛果示范园, 采收时挑选无机械伤或病害的果实, 平均单果质量为 2.0 g。将蓝靛果按 2 个采收时间采摘。采收期 I 果实: 于 2021 年 6 月 16 日采摘 (果实发育期为开花后 45 d), 采摘时果实近成熟, 果粒处于转色期, 大面积果体呈蓝紫色, 少部分略带绿色, 果肉饱满、果霜大面积覆盖、味微酸涩。采收期 II 果实: 于 2021 年 6 月 21 日采摘 (果实发育期为开花后 50 d), 采摘时果实成熟, 颜色大部分呈蓝紫色, 果肉饱满、果霜大面积覆盖、味酸涩略甜。1-MCP 便携包, 国家农产品保鲜工程技术研究中心 (天津); 小篮 (长×宽×高为 17.5 cm×10 cm×11 cm)、保鲜箱 (箱体规格为 28 cm×22 cm×12 cm), 宁波国嘉农产品保鲜包装技术有限公司。

1.1.2 设备

主要设备: 精准温控库, 国家农产品保鲜工程技术研究中心 (天津); Synergy H1 全功能微孔板检测仪酶标仪, 美国伯腾仪器有限公司; 916 型电位滴定仪, 瑞士万通中国有限公司; PAL-1 便携式手持折光仪, 日本爱宕公司; DDS-307A 型电导率仪, 上海仪电科学仪器仪表有限公司; Sigma3-30K 型高速离心机, 德国 SIGMA 离心机有限公司; 岛津 2010 气相色谱仪, 美国

Finnigan 公司; Check PionII 便携式残氧仪, 丹麦 Dansensor 公司; TA.XT.Plus 物性仪, 英国 SMS 公司。

1.2 方法

1.2.1 处理方法

如图 1 所示, 蓝靛果用小篮采摘后放入侧面带孔的保鲜箱中(每个处理 3 个平行, 每个平行 1 箱果实, 每箱可放 2 篮, 每篮果实净质量为 1.0 kg 左右)。采摘过程中严格挑选无机械损伤、无病害的蓝靛果果实, 经过产地预冷后用冷链物流车运送, 物流时间为 5 d, 在 $(-0.5 \pm 0.3)^\circ\text{C}$ 开盖预冷 24 h 后分装处理。本实验分为 2 次处理: 于 6 月 16 日将采摘的蓝靛果置于保鲜箱中, 加入 1 袋用蒸馏水浸湿后的 1-MCP 便携包(理论环境浓度为 $1 \mu\text{L/L}$)立即放入箱体中部后, 将盖子盖上, 记作采收期 I; 于 6 月 21 日将采摘的蓝靛果置于保鲜箱中, 加入 1 袋用蒸馏水浸湿后的 1-MCP 便携包(理论环境浓度为 $1 \mu\text{L/L}$)立即放入箱体中部后, 将盖子盖上, 记作采收期 II。将以上 2 组处理果实均置于温度为 $(-0.5 \pm 0.3)^\circ\text{C}$ 及相对湿度为 85%~95% 条件下存放, 每隔 15 d 检测果实的各项品质指标, 测定周期为 75 d。

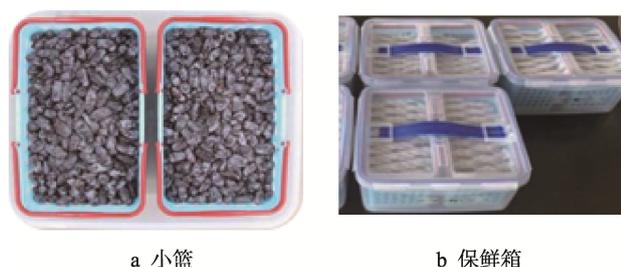


图 1 蓝靛果在处理及贮藏过程中所用载体
Fig.1 Carriers used in the treatment and storage of *Lonicera caerulea* L.

1.2.2 测定指标与方法

好果率 = (好果实数/总果实数) × 100%; 风味指数 = $[\sum(\text{风味级别} \times \text{该级别果数}) / (\text{风味最高级别} \times \text{调查总果数})] \times 100\%$; 果霜覆盖指数 = $[\sum(\text{果霜级别} \times \text{该级别果数}) / (\text{果霜最高级别} \times \text{调查总果数})] \times 100\%$ 。以上感官指标评定参考李江阔等^[12]方法。总酚参考福林酚比色法^[13]; 黄酮参考 $\text{NaNO}_2\text{-Al}(\text{NO}_3)_3$ 法^[14]; 抗坏血酸参考钼蓝比色法^[15]; 花色苷参考 pH 示差法^[16]; 可溶性固形物采用手持折光仪测定; 可滴定酸 (Titratable Acid, TA) 采用自动电位滴定仪进行滴定^[17]; 可溶性蛋白参照曹建康等^[18]方法; 硬度用 TA.XT.Plus TextureAnalyser 物性仪测定^[12]; 呼吸强度参考静置法^[19]; 乙烯生成速率参考张鹏等^[20]方法; 丙二醛参考硫代巴比妥酸法^[18]; 相对电导率用 DDS-307A 型电导仪测定。

1.2.3 数据处理

所有数据进行 3 次重复测定, 用 Excel 2010 进行

数据处理与分析; 差异性用 DPS 7.5 软件分析, $P < 0.05$ 表示差异显著; 主成分分析用 SPSS 23.0 软件。

2 结果与分析

2.1 不同采收期对 1-MCP 处理后蓝靛果感官品质的影响

感官品质是用来衡量果实食用价值及商品价值的最直观方法。蓝靛果感官品质主要体现在好果率、果霜覆盖指数和风味指数方面。从图 2 和表 1 可以看到果实在贮藏末期的感官状态。在贮藏 75 d 时, 采收期 II 组大多果粒出现白色霉斑、发红、软化甚至流汁现象, 果霜覆盖面积严重减少; 而采收期 I 组出现果霜覆盖面积减少, 但并未出现明显腐烂发霉现象, 仍可保持较好的感官品质。通过表 1 可知, 在贮藏 75 d 时采收期 I 组在好果率、风味指数以及果霜覆盖面积等方面显著好于采收期 II 组 ($P < 0.05$)。

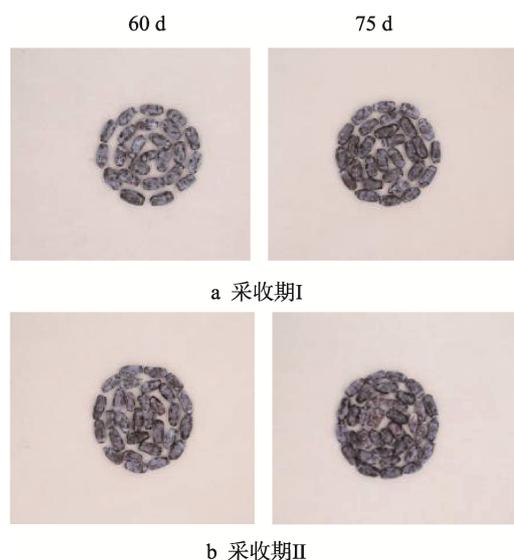


图 2 不同采收期蓝靛果贮藏后期感官照片
Fig.2 Sensory photographs of *Lonicera caerulea* L. of different harvest periods at the end of storage

2.2 不同采收期对 1-MCP 处理后蓝靛果营养品质的影响

2.2.1 对蓝靛果抗坏血酸、花色苷、总酚及黄酮含量的影响

由图 3a 可见, V_C 含量变化趋势为不断下降。贮藏 45 d 时 2 组之间 V_C 含量差异较小, 其他贮藏期间采收期 I 组含量显著高于采收期 II 组 ($P < 0.05$), 贮藏 75 d 时, 采收期 I 组 V_C 含量为 1.40 mg/g , 是采收期 II 组的 1.75 倍。说明适当提前采收未完全成熟的果实可获得较成熟期更高的 V_C 含量, 这与崔建潮等^[21]对“新梨 7 号”梨果实研究的结果一致。

表 1 不同采收期对 1-MCP 处理后蓝靛果好果率、风味指数以及果霜覆盖指数的影响
Tab.1 Effects of different harvest periods on the good fruit rate, flavor index and frost coverage index of *Lonicera caerulea* L. after 1-MCP treatment

贮藏时间/d	好果率/%		风味指数		果霜覆盖指数	
	采收期I	采收期II	采收期I	采收期II	采收期I	采收期II
0	100.00 ^a	100.00 ^a	98.88 ^a	96.66 ^b	99.00 ^a	98.00 ^a
15	97.50 ^a	96.00 ^a	97.77 ^a	96.66 ^a	99.00 ^a	97.50 ^a
30	93.00 ^a	86.00 ^b	93.33 ^b	96.00 ^a	97.00 ^a	98.00 ^a
45	89.50 ^a	85.00 ^b	90.00 ^a	86.66 ^b	93.50 ^a	91.50 ^{ab}
60	83.00 ^a	80.00 ^b	78.88 ^a	76.66 ^b	87.50 ^a	85.50 ^{ab}
75	79.00 ^a	72.00 ^b	71.11 ^a	68.00 ^b	82.50 ^a	75.00 ^b

注: 不同小写字母表示每项指标在 $P < 0.05$ 的水平下有显著性差异, 下同。

由图 3b 可见, 花色苷含量变化趋势为不断下降。采收期I组在整个贮藏过程中花色苷含量始终高于采收期II组, 并在 15~75 d 时达到显著差异水平 ($P < 0.05$)。贮藏 75 d 时, 含量分别为 2.12 mg/g 和 2.03 mg/g, 采收期I组是采收期II组的 1.04 倍。说明采收期可影响果实中花色苷含量的变化, 采收期早的花色苷含量损失更小。谢跃杰等^[22]的研究发现不同成熟度的蓝莓在贮藏末期花色苷含量不同, 这与本研究结果相似。

由图 3c 可见, 总酚含量变化趋势为先升高后降低。贮藏 0~30 d 总酚含量上升, 30 d 时含量达到最高, 随即逐渐降低。与采收期II组相比, 采收期I组在 0~75 d

内总酚含量一直处于最高状态, 并在 15~75 d 有显著差异 ($P < 0.05$), 其中在 75 d 时含量为 19.05 mg/g, 是采收期II组的 1.02 倍。说明适当提前采收期可更好地保留果实中的总酚含量。这与张志刚等^[23]对杏果实的研究结果一致。

黄酮类化合物是天然有机的抗氧化剂。由图 3d 可见, 黄酮含量变化趋势为先升高后降低, 并在整个贮藏过程中采收期I组显著高于采收期II组 ($P < 0.05$)。贮藏 30 d 时 2 组果实黄酮含量达到最高状态, 分别为 19.40、17.74 mg/kg, 30 d 后含量下降, 在贮藏末期 75 d 时, 两组黄酮含量分别降为 1.56、1.43 mg/kg, 采收期I组是采收期II组的 1.09 倍。说明适当提前采收期

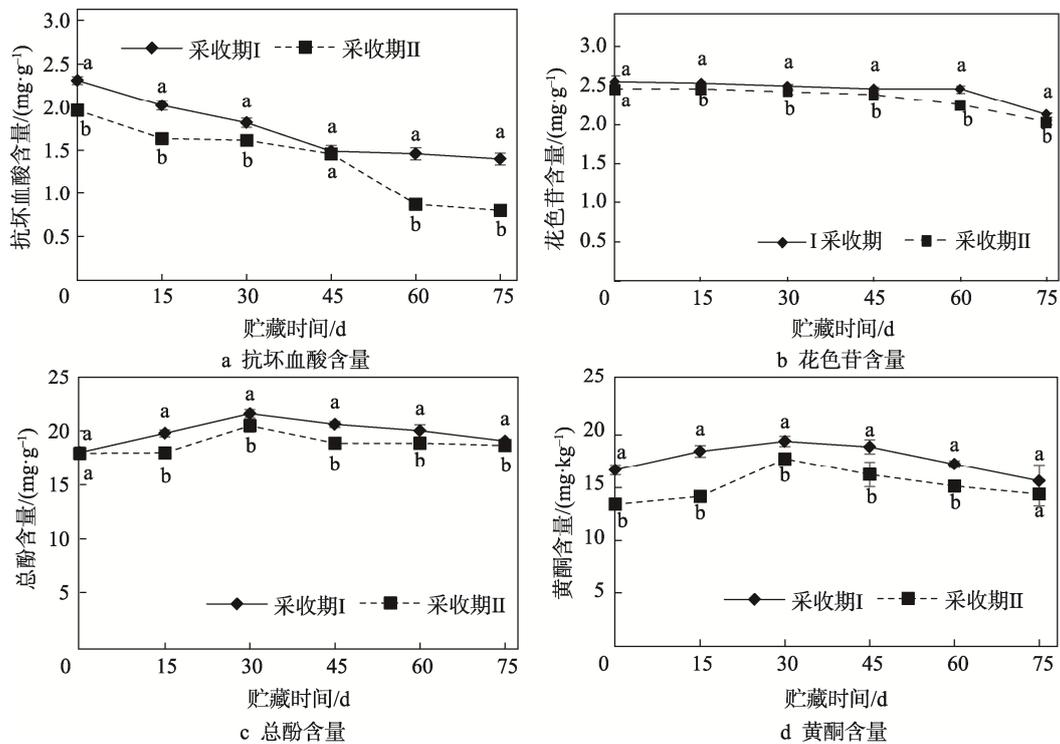


图 3 不同采收期对 1-MCP 处理后蓝靛果营养品质含量的影响
Fig.3 Effects of different harvest periods on nutritional quality content of *Lonicera caerulea* L. after 1-MCP treatment

的果实抗氧化性能更好,较采收晚的果实更能延长营养物质的保留时间。这与刘艳秋等^[24]对酸樱桃的研究结果相近。

2.2.2 对蓝靛果可溶性固形物、可滴定酸、可溶性蛋白和硬度的影响

采收期不同时蓝靛果果实之间的内在品质指标存在差异。伴随贮藏时间的延长,蓝靛果中的可溶性固形物、可滴定酸、可溶性蛋白以及硬度变化趋势如表 2 所示。可溶性固形物质量分数呈小幅度先升高后降低趋势,采收期Ⅱ组的含量在整个贮藏期内高于采收期Ⅰ组的,并在 75 d 时较采收期Ⅰ组的高 0.32%。2 个采收期的果实可溶性固形物质量分数始终维持在 10%~14%,均保留了较高的含量。可滴定酸质量分数整体呈下降趋势,其中采收期Ⅰ组质量分数始终处于最高状态,并在贮藏 75 d 时达到显著差异水平 ($P < 0.05$)。采收期Ⅰ组可滴定酸质量分数是采收期Ⅱ组的 1.09 倍。可溶性蛋白质量分数呈先升高后降低趋势,在贮藏 15 d 时含量最高,后可溶性蛋白质量分数逐渐被消耗,但采收期Ⅰ组始终显著高于采收期Ⅱ组 ($P < 0.05$),在 75 d 时采收期Ⅰ组为采收期Ⅱ组的 1.13 倍。硬度变化处于不断下降趋势,2 组之间变化差异较小,但在整个贮藏期内采收期Ⅰ组的硬度一直高于采收期Ⅱ组的。综上可知,采收期Ⅰ果实营养物质和品质保留更好。

2.3 不同采收期对 1-MCP 处理后蓝靛果生理指标的影响

2.3.1 对蓝靛果呼吸强度和乙烯生成速率的影响

由图 4a 可见,在整个贮藏期内,呼吸强度整体处于不断上升趋势。与采收期Ⅱ组相比,采收期Ⅰ组呼吸强度始终处于最低,在贮藏 30~75 d 时达到显著差异水平 ($P < 0.05$)。在 75 d 时采收期Ⅰ、采收期Ⅱ组呼吸强度分别为 202.79、213.25 mg/(kg·h),可以看到采

收期Ⅱ组果实呼吸强度是采收期Ⅰ组的 1.05 倍。说明适当提前采收期的果实保持较低的呼吸强度,晚采的果实呼吸更旺盛,更易引起果实衰老。王志华等^[25]对塞外红苹果的研究表明,成熟度低的呼吸强度更低,这与本实验结果相似。

由图 4b 可以看出,随着贮藏期的延长,蓝靛果中乙烯生成速率处于不断上升趋势。贮藏 0~30 d 时,采收期Ⅰ组和采收期Ⅱ组之间差异较小;贮藏 45~75 d 时,2 组之间达到显著差异水平 ($P < 0.05$),其中在第 75 天时,采收期Ⅱ组乙烯生成速率为 25.88 $\mu\text{L}/(\text{kg}\cdot\text{h})$,是采收期Ⅰ组的 1.11 倍。说明适当提前采收期,果实的乙烯生成速率更低,对果实品质的保持效果更佳。曹森等^[11]对红阳猕猴桃的研究结果表明,成熟度不同可影响果实乙烯的变化,这与本实验结果一致。

2.3.2 对蓝靛果丙二醛和相对电导率的影响

丙二醛可反映膜结构的受损程度。由图 5a 可知,丙二醛质量摩尔浓度处于不断上升状态。采收期Ⅱ组在整个贮藏过程中的质量摩尔浓度始终显著高于采收期Ⅰ组的 ($P < 0.05$),贮藏末期采收期Ⅰ组和采收期Ⅱ组丙二醛的质量摩尔浓度分别为 77.19 $\mu\text{mol}/\text{g}$ 和 91.98 $\mu\text{mol}/\text{g}$,采收期Ⅰ组是采收期Ⅱ组的 1.19 倍。说明适当提前采收期,果实更不易引起膜脂过氧化,可延缓果实衰老程度,而采摘晚的果实的丙二醛质量摩尔浓度始终积累较高。这与赵晨霞等^[26]对西洋梨的研究中丙二醛的变化趋势一致。

由图 5b 可知,在整个贮藏期内,相对电导率处于不断上升趋势。在贮藏 0~15 d 时 2 组之间差异不明显;在 30~75 d 时,采收期Ⅰ组的相对电导率始终显著低于采收期Ⅱ组的 ($P < 0.05$),其中在第 75 天时采收期Ⅱ组膜透性为 48.49%,是采收期Ⅰ组的 1.11 倍。说明适当提前采收期可更好地维持果实贮藏后期细胞膜的完整性,保持果实品质。这与金怡等^[27]对“红心”番石榴的研究结果相近。

表 2 不同采收期对 1-MCP 处理后蓝靛果可溶性固形物、可滴定酸、可溶性蛋白和硬度的影响
Tab.2 Effects of different harvest periods on soluble solids, titratable acid, soluble protein and hardness of *Lonicera caerulea* L. after 1-MCP treatment

贮藏时间/d	可溶性固形物含量/%		可滴定酸含量/%		可溶性蛋白含量/%		硬度/g	
	采收期Ⅰ	采收期Ⅱ	采收期Ⅰ	采收期Ⅱ	采收期Ⅰ	采收期Ⅱ	采收期Ⅰ	采收期Ⅱ
0	11.05±0.15 ^b	12.25±0.30 ^a	1.43±0.01 ^a	1.35±0.02 ^b	0.71±0.01 ^a	0.56±0.01 ^b	123.64±9.25 ^a	117.27±4.59 ^a
15	11.72±0.12 ^b	13.03±0.08 ^a	1.30±0.04 ^a	1.26±0.03 ^a	0.81±0.05 ^a	0.60±0.01 ^b	115.60±9.69 ^a	109.32±8.32 ^a
30	11.95±0.05 ^b	12.48±0.08 ^a	1.19±0.01 ^a	1.13±0.01 ^b	0.72±0.01 ^a	0.51±0.02 ^b	104.71±9.40 ^a	100.93±5.07 ^a
45	11.70±0.09 ^b	12.23±0.10 ^a	1.37±0.03 ^a	1.19±0.03 ^b	0.65±0.06 ^a	0.49±0.01 ^b	100.04±4.37 ^a	85.60±10.30 ^a
60	10.25±0.08 ^b	10.92±0.08 ^a	1.15±0.03 ^a	1.11±0.05 ^a	0.58±0.05 ^a	0.48±0.00 ^b	89.37±9.10 ^a	85.55±3.19 ^a
75	10.08±0.26 ^a	10.40±0.11 ^a	1.04±0.01 ^a	0.95±0.00 ^b	0.49±0.01 ^a	0.43±0.02 ^b	84.73±6.15 ^a	83.80±9.32 ^a

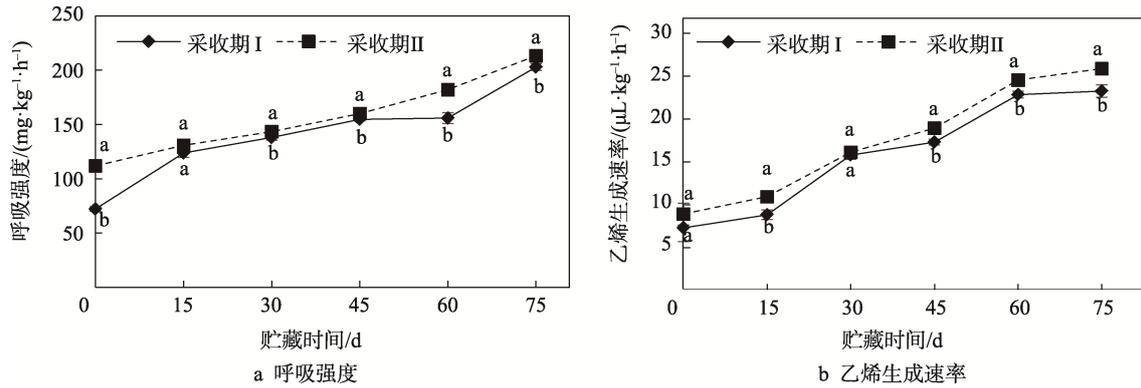


图 4 不同采收期对 1-MCP 处理后蓝靛果生理指标的影响

Fig.4 Effects of different harvest periods on physical indexes of *Lonicera caerulea* L. after 1-MCP treatment

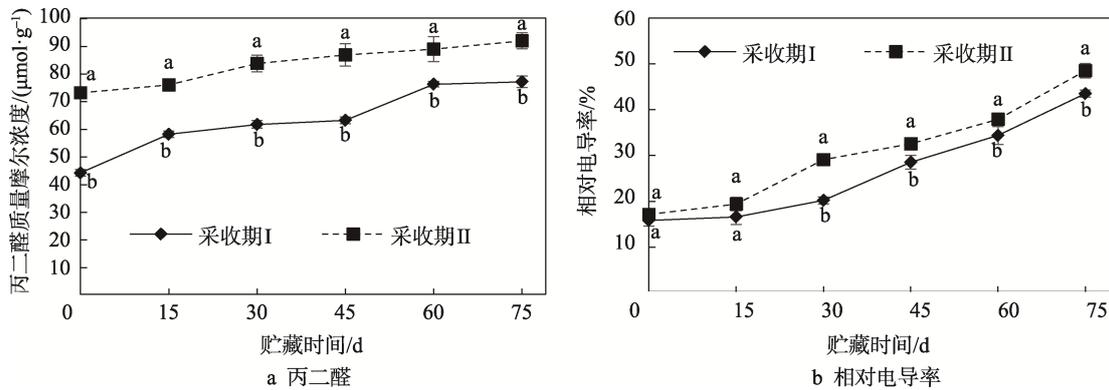


图 5 不同采收期对 1-MCP 处理后蓝靛果衰老指标的影响

Fig.5 Effects of different harvest periods on senescence indexes of *Lonicera caerulea* L. after 1-MCP treatment

2.4 蓝靛果品质的 PCA 分析

利用蓝靛果贮藏期间的所有营养指标作为不同纬度 PCA 分析, 自动拟合成 2 个主成分, 进行 SPSS 打分, 见表 3—4。相关性综合得分 (F): 因子 1、因子 2 相对应的特征值与对应的因子得分相乘, 因此通过 $F=(F_1\times 58.076+F_2\times 24.507)/82.583$ 计算出贮藏期间 2 种处理方式与蓝靛果品质指标的相关性。综合得分表示蓝靛果品质高低, 综合得分越高, 品质越佳。由

表 3—4 可知, 采收期 II 组的综合得分小于采收期 I 组的。综上所述, 采收期 I 的蓝靛果贮藏效果更佳。

表 3 蓝靛果贮藏期间主成分特征值及贡献率
Tab.3 Characteristic values and contribution rates of principal components of *Lonicera caerulea* L. during the storage period

主成分	特征值	贡献率/%	累计贡献率/%
1	4.646	58.076	58.076
2	1.961	24.507	82.583

表 4 蓝靛果贮藏期间主成分得分

Tab.4 Principal component score of the *Lonicera caerulea* L. during the storage period

处理	货架时间/d	因子 1	因子 2	F_1	F_2	F	F 平均值	排名
采收期 I	0	1.27	-0.937 93	2.737	-1.313	1.535	1.346	1
	15	1.244 83	0.474 35	2.683	0.664	2.084		
	30	0.805 14	1.584 22	1.735	2.218	1.879		
	45	0.585 91	0.969 86	1.263	1.358	1.291		
	60	-0.270 88	0.841 9	-0.584	1.179	-0.061		
	75	-1.208 92	0.157 55	-2.606	0.221	-1.767		
采收期 II	0	0.518 93	-1.793 62	1.119	-2.512	0.041	-0.410	2
	15	0.341 25	-1.422 38	0.736	-1.992	-0.074		
	30	0.081 49	0.620 06	0.176	0.868	0.381		
	45	-0.360 36	-0.201 74	-0.777	-0.283	-0.630		
	60	-1.138 57	-0.106 61	-2.454	-0.149	-1.770		
	75	-1.868 82	-0.185 66	-4.028	-0.260	-2.910		

3 讨论

目前,有关 1-MCP 对不同采收期的果实贮藏品质的研究较多。张鹏等^[28]对不同成熟度的富士苹果货架品质进行了研究,结果表明无论成熟度大或小,1-MCP 均可以延缓可溶性固形物、可滴定酸以及质地货架等品质降低,其中对低成熟度苹果营养物质含量的保持更好。侯佳迪等^[29]对不同成熟度“霞晖 8 号”桃果实贮藏品质和生理生化特性进行了研究,结果发现 1-MCP 处理均能抑制不同成熟度果实的生理变化,保持其品质,其中成熟度低的效果更佳。Harris 等^[30]研究发现,1-MCP 在处理香蕉时可保持较长的处理效应,其中对绿熟香蕉的处理效果更好。Shoffe 等^[31]研究发现,1-MCP 对不同采收期“蜜脆”苹果贮藏品质有一定作用,可维持果实硬度和营养品质。因此本实验在霍俊伟等^[1]用 1-MCP 处理蓝靛果相较未处理果实,更能保持外观和内在品质的基础上对不同采收期进行探究。

由于蓝靛果易软化流汁,发生机械损伤,因此适宜的采收期对果实采后贮藏性能和商品性的保持起着关键作用。本实验中采收期 I 组的果实好果率、风味指数以及果霜覆盖指数均好于采收期 II 组的,说明晚采收的果实更易出现流汁、软化、果霜覆盖面积减少甚至腐烂发霉现象,而适当提前采收期的果实感官品质更佳。同时,采收早的果实的 V_C、花色苷、总酚、黄酮、可滴定酸、可溶性蛋白含量在贮藏末期较采收晚的高,可更大程度地维持蓝靛果中的营养物质,减少流失。硬度可反映果实的耐贮性,果实的生长发育过程中其硬度随着贮藏时间和采收成熟度的变化而逐渐降低。在整个贮藏期内采收期 I 组的硬度更高,说明采收早的果实更耐贮藏。不同采收期的果实呼吸强度和乙烯生成速率变化趋势一致,均呈不断升高趋势,采收期 I 组低于采收期 II 组。同时果实中相对电导率和丙二醛含量也呈上升趋势,采收期 I 组的果实在贮藏后期的相对电导率上升速率较采收期 II 组的慢,并且效果显著。采收早的果实的丙二醛含量积累更低,说明适当提前采收期可减缓果实衰老进程。因此实验结果说明蓝靛果的贮藏品质会因采收期的不同而产生差异,这与耿阳等^[32]研究采收成熟度对“京沧 1 号”枣贮藏品质及抗氧化活性的影响的结果相符。

综上所述,基于 1-MCP 处理后的蓝靛果的不同采收期对其品质的影响研究结果,不仅可以判断果实的最佳品质,也可对蓝靛果的售出与加工利用提供参考依据。

4 结语

采收期 I 组更有利于提高 1-MCP 处理后蓝靛果的保鲜效果,能够保持一定的可滴定酸、抗坏血酸、

花色苷、可溶性蛋白、总酚和黄酮的积累,延缓果实软化及生理代谢,使果实感官品质处于最佳。因此,综合各指标以及对所有营养指标进行 SPSS 打分结果可知,采收期 I (果实开花后 45 d) 为蓝靛果最佳采收期,此时果实品质最佳,商品价值最高。

参考文献:

- [1] 霍俊伟,高静,张鹏,等. 1-甲基环丙烯对蓝靛果贮藏品质的影响[J]. 食品工业科技, 2021, 42(19): 321-328. HUO Jun-wei, GAO Jing, ZHANG Peng, et al. Effect of 1-Methylcyclopropene on the Storage Quality of *Lonicera Caerulea* L[J]. Science and Technology of Food Industry, 2021, 42(19): 321-328.
- [2] 包怡红,赵鑫磊,唐妍,等. 蓝靛果米糠酵素发酵工艺优化及其代谢产物变化分析[J]. 中南林业科技大学学报, 2022, 42(2): 147-158. BAO Yi-hong, ZHAO Xin-lei, TANG Yan, et al. The Optimization of Fermentation Technology and the Changes of Metabolites of *Lonicera Caerulea* Rice Bran Enzyme[J]. Journal of Central South University of Forestry & Technology, 2022, 42(2): 147-158.
- [3] 蔡朋举,丁宁,史君彦,等. 超高压-温度联合杀菌工艺对蓝靛果忍冬脱苦果汁品质及风味的影响[J]. 食品与发酵工业, 2022, 48(18): 60-67. CAI Peng-ju, DING Ning, SHI Jun-yan, et al. Effects of High Hydrostatic Pressure Combined with Temperature Sterilization on the Quality and Flavor of *Lonicera Caerulea* Debitting Juice[J]. Food and Fermentation Industries, 2022, 48(18): 60-67.
- [4] 曹森,瞿光凡,高芙蓉,等. 不同采收期对“贵长”猕猴桃后熟品质和酶活性的影响[J]. 保鲜与加工, 2021, 21(8): 1-6. CAO Sen, QU Guang-fan, GAO Fu-rong, et al. Effects of Different Harvest Stages on the Qualities and Enzymes Activities of 'Guichang' Kiwi Fruits[J]. Storage and Process, 2021, 21(8): 1-6.
- [5] 刘鸣哲,周晓凤,吴翠云. 不同采收期对鲜食枣常温货架期品质的影响[J]. 现代园艺, 2022, 45(17): 1-5. LIU Ming-zhe, ZHOU Xiao-feng, WU Cui-yun. Effects of Different Harvest Periods on Quality of Fresh Jujube during Shelf Life at Room Temperature[J]. Contemporary Horticulture, 2022, 45(17): 1-5.
- [6] 张静增,王晓宁,丰美静,等. 采收期对‘鸭梨’果实品质及耐贮性的影响[J]. 中国果树, 2021(9): 21-24. ZHANG Jing-zeng, WANG Xiao-ning, FENG Mei-jing, et al. Effects of Harvest Time on the Quality and Storability of 'Yali'pear[J]. China Fruits, 2021(9): 21-24.

- [7] RIBEIRO S B, FREITAS S T. Maturity Stage at Harvest and Storage Temperature to Maintain Postharvest Quality of Acerola Fruit[J]. *Scientia Horticulturae*, 2020, 260: 108901.
- [8] SUN Y, SINGH Z, TOKALA V Y, et al. Harvest Maturity Stage and Cold Storage Period Influence Lemon Fruit Quality[J]. *Scientia Horticulturae*, 2019, 249: 322-328.
- [9] 何近刚, 冯云霄, 程玉豆, 等. 1-MCP、乙烯吸收剂以及 MAP 处理对“新红星”苹果冷藏和货架期品质的影响[J]. *保鲜与加工*, 2018, 18(6): 39-43.
- HE Jin-gang, FENG Yun-xiao, CHENG Yu-dou, et al. Effects of 1-MCP, Ethylene Absorbent and MAP on Quality of 'Starkrimson' Apple during Cold Storage and Shelf Life[J]. *Storage and Process*, 2018, 18(6): 39-43.
- [10] ARGENTA L C, FAN X T, MATTHEIS J P. Influence of 1-Methylcyclopropene on Ripening, Storage Life and Volatile Production by d'Anjou cv. Pear Fruit[J]. *J Agr Food Chem*, 2003, 51: 3858-3864.
- [11] 曹森, 马超, 吉宁, 等. 1-MCP 对不同成熟度红阳猕猴桃保鲜效果及后熟品质的影响[J]. *食品科技*, 2018, 43(11): 29-37.
- CAO Sen, MA Chao, JI Ning, et al. Effects of 1-MCP on Fresh-Keeping Effect and Post-Ripening Quality of Hongyang Kiwifruit with Different Maturities[J]. *Food Science and Technology*, 2018, 43(11): 29-37.
- [12] 李江阔, 高静, 张鹏, 等. 微环境气调对蓝果忍冬贮藏品质和抗氧化酶的影响[J]. *食品与发酵工业*, 2021, 47(6): 152-159.
- LI Jiang-kuo, GAO Jing, ZHANG Peng, et al. Micro-Environmental Modified Atmosphere on Storage Quality and Antioxidant Enzymes of Blue Honeysuckle Fruits[J]. *Food and Fermentation Industries*, 2021, 47(6): 152-159.
- [13] 赵佳. 蓝果忍冬酚类物质的提取、鉴定及抗氧化性研究[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2010: 10-13.
- ZHAO Jia. Extraction, Identification and Antioxidant Activity of Phenols from *Lonicera Japonica* Thunb[D]. Harbin: Northeast Agricultural University, 2010: 10-13.
- [14] 赵佳, 霍俊伟. 蓝果忍冬总黄酮提取工艺研究[J]. *食品工业科技*, 2010, 31(11): 242-244.
- ZHAO Jia, HUO Jun-wei. Study on Extraction Technology of Total Flavonoids from Berry of Blue Honeysuckle(*Lonicera Caerulea* L.)[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2010, 31(11): 242-244.
- [15] 李曙雷, 霍俊伟, 李芳晓, 等. 黑穗醋栗抗坏血酸含量测定方法的比较[J]. *吉林农业科学*, 2014, 39(2): 74-77.
- LI Shu-lei, HUO Jun-wei, LI Fang-xiao, et al. Comparing of Methods for Determination of Ascorbic Acid Content of Black Currant[J]. *Jilin Agricultural Sciences*, 2014, 39(2): 74-77.
- [16] 齐会娟, 刘德文, 李中宾, 等. 野生和栽培蓝靛果中花色苷含量的测定及分析[J]. *特种经济动植物*, 2019, 22(8): 42-46.
- QI Hui-juan, LIU De-wen, LI Zhong-bin, et al. Determination and Analysis of Anthocyanin Content in Wild and Cultivated *Lonicera Edulis*[J]. *Special Economic Animal and Plant*, 2019, 22(8): 42-46.
- [17] 李文生, 冯晓元, 王宝刚, 等. 应用自动电位滴定仪测定水果中的可滴定酸[J]. *食品科学*, 2009, 30(4): 247-249.
- LI Wen-sheng, FENG Xiao-yuan, WANG Bao-gang, et al. Study on Determination of Titratable Acidity in Fruits Using Automatic Potentiometric Titrator[J]. *Food Science*, 2009, 30(4): 247-249.
- [18] 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: 154-156.
- CAO Jian-kang, JIANG Wei-bo, ZHAO Yu-mei. Guidance on Postharvest Physiological and Biochemical Experiments of Fruits and Vegetables[M]. Beijing: China Light Industry Press, 2007: 154-156.
- [19] 朱志强, 张平, 任朝晖, 等. 不同包装箱对绿芦笋贮藏效果的影响[J]. *食品科技*, 2009, 34(9): 48-52.
- ZHU Zhi-qiang, ZHANG Ping, REN Zhao-hui, et al. Effects of Different Packing Modes on the Storage Quality of Green Asparagus[J]. *Food Science and Technology*, 2009, 34(9): 48-52.
- [20] 张鹏, 袁兴铃, 王利强, 等. 1-MCP 处理对“阳光玫瑰”葡萄货架品质的影响[J]. *包装工程*, 2021, 42(7): 19-27.
- ZHANG Peng, YUAN Xing-ling, WANG Li-qiang, et al. Effect of 1-MCP Treatment on Shelf Quality of "Sunshine Muscat" Grapes[J]. *Packaging Engineering*, 2021, 42(7): 19-27.
- [21] 崔建潮, 彭增瑞, 王文辉, 等. 采收期对‘新梨7号’梨果实品质及采后生理的影响[J]. *中国果树*, 2019(1): 21-26.
- CUI Jian-chao, PENG Zeng-rui, WANG Wen-hui, et al. Effects of Harvest Period on Fruit Quality and Postharvest Physiology of 'Xinli 7' pear[J]. *China Fruits*, 2019(1): 21-26.
- [22] 谢跃杰, 王仲明, 王强, 等. 不同品种和成熟度蓝莓理化特性的主成分分析评价[J]. *食品科学*, 2017, 38(23): 94-99.
- XIE Yue-jie, WANG Zhong-ming, WANG Qiang, et al.

- Principal Component Analysis and Evaluation of Physical and Chemical Properties of Blueberries with Different Varieties and Maturities[J]. *Food Science*, 2017, 38(23): 94-99.
- [23] 张志刚, 刘玉芳, 李长城, 等. 不同成熟度对杏果实品质的影响[J]. *浙江农业学报*, 2021, 33(8): 1402-1408.
ZHANG Zhi-gang, LIU Yu-fang, LI Chang-cheng, et al. Effect of Different Maturity on Fruit Quality of Apricot[J]. *Acta Agriculturae Zhejiangensis*, 2021, 33(8): 1402-1408.
- [24] 刘艳秋, 刘楦博, 闫运开, 等. 不同成熟度对酸樱桃贮藏特性的研究[J]. *北方园艺*, 2017(4): 116-119.
LIU Yan-qiu, LIU Wen-bo, YAN Yun-kai, et al. Research on Storage Characteristics of Different Maturity Prunus Cerasus[J]. *Northern Horticulture*, 2017(4): 116-119.
- [25] 王志华, 包熬民, 王文辉, 等. 成熟度结合 1-MCP 处理与不同低温贮藏对塞外红苹果的保鲜效果[J]. *食品科技*, 2019, 44(9): 44-49.
WANG Zhi-hua, BAO Ao-min, WANG Wen-hui, et al. Effects of Maturity Combined with 1-MCP Treatment and Different Low-Temperature Storage on Preservation of Red Apples beyond the Great Wall[J]. *Food Science and Technology*, 2019, 44(9): 44-49.
- [26] 赵晨霞, 李学伟, 冯社章, 等. 不同采收期西洋梨后熟时间及品质变化的研究[J]. *北方园艺*, 2010(22): 1-6.
ZHAO Chen-xia, LI Xue-wei, FENG She-zhang, et al. Study on Ripening Time and Quality Change of Xiyang Pear at Different Harvest Times[J]. *Northern Horticulture*, 2010(22): 1-6.
- [27] 金怡, 吴少斌, 陈洪彬, 等. 采收期对'红心'番石榴品质和耐贮性的影响[J]. *亚热带植物科学*, 2020, 49(4): 258-263.
JIN Yi, WU Shao-bin, CHEN Hong-bin, et al. Effects of Harvesting Time on Quality and Storability of Psidium guajava'Hongxin' Fruit[J]. *Subtropical Plant Science*, 2020, 49(4): 258-263.
- [28] 张鹏, 陈帅帅, 李江阔, 等. 1-MCP 处理对不同成熟度富士苹果贮后货架品质和挥发性物质的影响[J]. *食品工业科技*, 2018, 39(21): 263-269.
ZHANG Peng, CHEN Shuai-shuai, LI Jiang-kuo, et al. Effect of 1-MCP Treatment on Quality and Volatile Substance of Apples with Different Maturity during Shelf after Cold Storage[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2018, 39(21): 263-269.
- [29] 侯佳迪, 朱丽娟, 王军萍, 等. 1-MCP 处理期不同成熟度'霞晖 8 号'桃果实贮藏中品质和生理生化特性的影响[J]. *食品工业科技*, 2021, 42(17): 326-334.
HOU Jia-di, ZHU Li-juan, WANG Jun-ping, et al. Effect of 1-MCP on Peach Fruit Quality and Physio-Biochemical Characteristics of Xiahui 8'with Different Maturity during Storage[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2021, 42(17): 326-334.
- [30] HARRIS D R, SEBERRY J A, WILLS R B H, et al. Effect of Fruit Maturity on Efficiency of 1-Methylcyclopropene to Delay the Ripening Of Bananas[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2000, 20: 303-308.
- [31] SHOFFE Y A, NOCK J F, ZHANG Y Y, et al. Physiological Disorder Development of 'Honeycrisp' Apples after Pre-and Post-Harvest 1-Methylcyclopropene (1-MCP) Treatments[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2021, 182: 111703.
- [32] 耿阳, 赵晓梅, 谭玉鹏, 等. 采收成熟度对'京沧 1 号'枣贮藏品质及抗氧化活性的影响[J/OL]. *食品与发酵工业*: 1-11[2022-10-17]. <https://doi.org/10.13995/j.cnki.11-1802/ts.031042>.
GENG Yang, ZHAO Xiao-mei, TAN Yu-peng, et al. Effects of Harvest Maturity on Storage Quality and Antioxidant Activity of 'Jingcang No.1'[J/OL]. *Food and Fermentation Industry*: 1-11[2022-10-17]. <https://doi.org/10.13995/j.cnki.11-1802/ts.031042>.

责任编辑: 曾钰婵