

千春录,林 晨,殷健东,等. 1-MCP 和自发气调对猕猴桃果实贮藏品质和色素的影响[J]. 江苏农业科学,2018,46(13):189-192.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.13.045

1-MCP 和自发气调对猕猴桃果实贮藏品质和色素的影响

千春录,林 晨,殷健东,王兢业,侯顺超,顾 林,肖丽霞

(扬州大学食品科学与工程学院,江苏扬州 225127)

摘要:为探讨 1-甲基环丙烯(1-methylcyclopropene,简称 1-MCP)和自发气调处理对中华猕猴桃果实采后贮藏品质和色素的影响,采用 1 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP、自发气调、1-MCP 和自发气调相结合的处理方式将猕猴桃贮藏于 $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$,贮藏 28 d 后测定各项指标。结果表明,猕猴桃果实采后果肉色素迅速降解,特别是叶绿素和花青素,而呼吸跃变期间类胡萝卜素、花青素的含量上升。1-MCP 和自发气调处理均能抑制猕猴桃果实的呼吸跃变,降低猕猴桃果实的可溶性固形物含量、失质量率、电导率,保持了猕猴桃果实的品质,且均能够保持果实的绿色度,抑制叶绿素、类胡萝卜素、花青素降解,其中 1-MCP 处理效果优于自发气调处理,而 1-MCP 和自发气调相结合的处理方式对猕猴桃果实品质和色素的保持效果最好。

关键词:猕猴桃;1-甲基环丙烯;自发气调;贮藏品质;呼吸跃变;色素;常温短期贮藏

中图分类号: S663.409⁺.3;TS255.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)13-0189-04

猕猴桃是典型的呼吸跃变型果实,采后不耐贮藏^[1]。果肉颜色是猕猴桃重要的品质指标之一,保持色素物质稳定是猕猴桃采后保鲜的重要任务^[2]。1-甲基环丙烯(1-methylcyclopropene,简称 1-MCP)是一种乙烯作用抑制剂,可以延长果蔬贮藏期。研究发现,适宜浓度的 1-MCP 处理能有效延缓猕猴桃的呼吸跃变,保持果实品质^[2-3]。自发气调是通过果蔬在密封环境中的呼吸作用调节贮藏气体环境,降低 O_2 浓度并增加 CO_2 浓度,达到降低呼吸作用、延缓代谢的目的。自发气调贮藏可以保持猕猴桃品质,延长贮藏期^[3-4]。1-MCP 处理和自发气调贮藏因为操作简便、成本低、效果好,而被广泛应用于果蔬保鲜,但这 2 种处理方式及两者相结合的处理方式对猕猴桃常温贮藏效果的研究鲜有报道。因此,本试验以中华猕猴桃为试验材料,研究 1-MCP、自发气调及两者相结合的处理方式对采后猕猴桃的常温保鲜效果,探讨各处理及结合处理对采后猕猴桃品质和果肉色素的影响,以期对猕猴桃常温短期贮藏提供简易高效的方法。

1 材料与方法

1.1 试验设计

收稿日期:2017-01-27

基金项目:国家科技支撑计划(编号:2015BAD16B05);中国博士后科学基金面上资助项目(编号:2014M560451);江苏省自然科学基金(编号:BK20140483);苏北科技专项(编号:SZ-YC2017018);扬州市重点研发(现代农业)计划(编号:YZ2017058);扬州大学科技创新培育基金项目(编号:2017CXJ106)。

作者简介:千春录(1982—),男,河南焦作人,博士,副教授,主要从事果蔬贮藏与加工研究。Tel: (0514) 87978050; E-mail: clqian@yzu.edu.cn。

通信作者:肖丽霞,博士,教授,主要从事农产品贮藏与加工研究。Tel: (0514) 87978050; E-mail: lxxiao@yzu.edu.cn。

优质中华猕猴桃(*Actinidia deliciosa* cv. ZhongHua)果实采自江苏省扬州市仪征地区的果园,于 2 h 内运抵实验室后,挑选大小均匀、成熟度(七成熟)相对一致、无畸形、无机械伤、无病虫害的果实为试验材料。根据预试验结果,本试验共设 4 个处理:对照(CK),将猕猴桃果实置于温度为 $(30 \pm 1)^\circ\text{C}$ 、湿度为 85% 的恒温箱中,处理 12 h;1-MCP 处理(1-MCP),将猕猴桃果实置于密封塑料箱(10 L)中,在 30°C 下,用 1 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP(购自 SmartFreshTM,0.14%)熏蒸处理 12 h^[2];自发气调处理(MA),将猕猴桃果实用猕猴桃专用低密度聚乙烯自发气调袋(厚度为 0.04 mm)热封后,置于温度为 $(30 \pm 1)^\circ\text{C}$ 、湿度为 85% 的恒温箱中,处理 12 h;1-MCP 和自发气调结合处理(1-MCP + MA),将 1-MCP 熏蒸处理后的猕猴桃热封于自发气调袋中。每个处理 60 个果实,重复 3 次。处理结束后,所有果实均置于温度为 $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$ 、湿度为 85% 的恒温箱中,其中 CK 和 1-MCP 处理的果实是裸放,而 MA 及其与 1-MCP 结合处理的果实于自发气调袋中贮藏。贮藏期间每 7 d 取样 1 次,测定果实品质和生理指标。

1.2 测定指标和方法

1.2.1 呼吸速率、失质量率、颜色测定 参考千春录等的方法^[5]。

1.2.2 可溶性固形物含量和电导率测定 参考千春录等的方法^[5-6]。

1.2.3 叶绿素含量测定 参考张丽华等的方法^[7-8]。

1.2.4 类胡萝卜素含量测定 参考颜少宾等的方法^[9]。

1.2.5 叶黄素含量测定 参考赵文恩等的方法^[10]。

1.2.6 花青素含量测定 参考刘仁道等的方法^[11]。

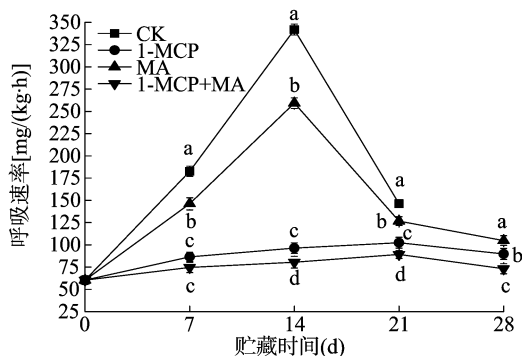
1.3 数据统计

应用 SPSS 16.0 统计软件对试验数据进行方差分析,差异显著性分析采用 Tukey 多重比较法。

2 结果与分析

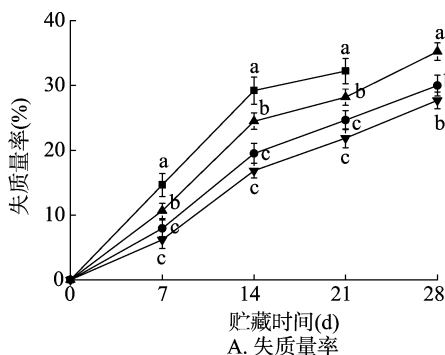
2.1 1-MCP 和自发气调处理对猕猴桃果实呼吸速率的影响

呼吸作用是猕猴桃采后主要的生理代谢,也是其后熟衰老的主要原因^[1-4]。由图 1 可知,猕猴桃贮藏前期呼吸速率上升,于 14 d 出现呼吸高峰,而后呼吸速率下降。自发气调处理的猕猴桃果实呼吸峰显著小于对照 ($P < 0.05$),而 1-MCP 处理果实的呼吸高峰不明显,且推迟至 21 d,两者结合处理后的猕猴桃果实呼吸峰于 21 d 出现,且呼吸峰最低,分别是 CK、1-MCP、MA 处理果实呼吸峰的 26.09%、87.03%、34.42%。上述结果表明,1-MCP 能够有效抑制乙烯对猕猴桃果实的催熟作用,自发气调贮藏也能降低猕猴桃果实的呼吸代谢,而两者结合处理能最大限度地降低猕猴桃果实采后贮藏期的呼吸强度。

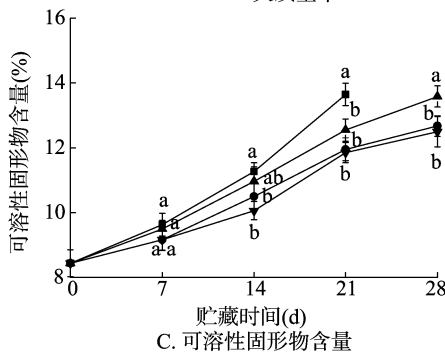


不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。下同

图1 1-MCP 和自发气调处理对猕猴桃果实呼吸速率的影响



A. 失质量率



C. 可溶性固形物含量

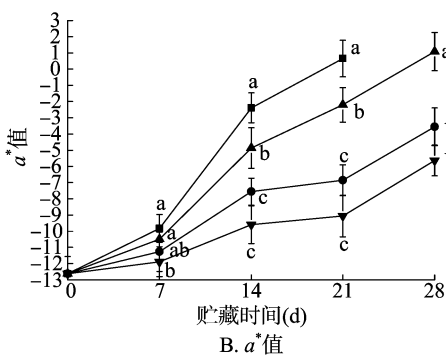
2.2 1-MCP 和自发气调处理对猕猴桃果实失质量率、颜色、可溶性固形物含量、电导率的影响

果蔬采后失质量是由呼吸消耗和失水所致^[5]。由图 2-A 可知,猕猴桃采后贮藏期间,失质量率上升,其中 14 d 时失质量率有大幅度增加,这与该时期呼吸高峰出现有关。1-MCP 和自发气调处理都能抑制失质量率上升,其中 1-MCP 处理的效果较好,在贮藏中后期 1-MCP 处理猕猴桃果实的失质量率显著低于自发气调处理的果实 ($P < 0.05$)。1-MCP 和自发气调结合处理果实的失质量率最低,可能是由呼吸强度较低和自发气调包装抑制水分散失所致。

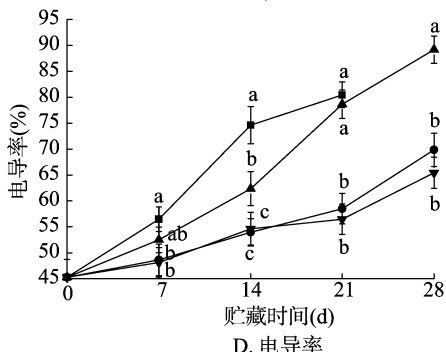
颜色参数 a^* 值代表颜色由绿 ($-a^*$) 到红 ($+a^*$) 的变化^[5]。由图 2-B 可知,猕猴桃果实采后 a^* 值增加,14 d 时 a^* 值大幅度增加。贮藏中后期各处理果实的 a^* 值都显著低于对照的 a^* 值 ($P < 0.05$),其中 1-MCP 处理的效果也显著优于自发气调处理 ($P < 0.05$),而 1-MCP 和自发气调结合处理果实的 a^* 值最低,说明其最大限度地保持了果肉绿色度。

果实可溶性固形物主要包括可溶性糖等物质^[6]。由图 2-C 可知,猕猴桃果实采后可溶性固形物含量持续增加,其中 1-MCP 处理后的猕猴桃果实可溶性固形物含量在贮藏中后期显著低于对照 ($P < 0.05$),这可能与 1-MCP 处理降低呼吸强度,延缓底物降解有关。

电导率反映细胞膜的完整性^[5]。由图 2-D 可知,采后猕猴桃果实的电导率持续增加,其中贮藏 14 d 时大幅度上升。1-MCP 和自发气调处理均能够保持较低的果实电导率,其中 1-MCP 处理的效果优于自发气调处理,说明 1-MCP 处理能够较好地抑制细胞膜的损伤,保持其完整性。



B. a^* 值



D. 电导率

图2 1-MCP 和自发气调处理对猕猴桃果实指标的影响

2.3 1-MCP 和自发气调处理对猕猴桃果实叶绿素、类胡萝卜素、叶黄素、花青素等含量的影响

叶绿素是猕猴桃果肉呈现绿色的主要因素,未成熟果实中含有叶绿素 a 和叶绿素 b,且叶绿素 a 含量大于叶绿素 b^[12],叶绿素 b 较活泼^[13]。由图 3-A、图 3-B、图 3-C 可知,猕猴桃果实采后叶绿素 a+b 含量降低,其中叶绿素 b 含量在贮藏前期急剧下降。1-MCP 和自发气调处理均能有效抑制叶绿素降解,两者结合处理猕猴桃果实的叶绿素含量最高。在呼吸跃变前,1-MCP 处理能使果实保持高水平的叶绿素 a 含量,而自发气调处理果实的叶绿素 b 含量较高,两者结合处理可以抑制叶绿素 a 和叶绿素 b 的降解。

类胡萝卜素是植物的次级代谢产物,可以减缓疾病进程,类胡萝卜素积累可呈黄色、橙色、红色^[14]。叶黄素是类胡萝卜素的一种,是一种强抗氧化剂,具有保护视力等功能,它积

累可呈鲜黄色。中华猕猴桃果实中类胡萝卜素含量较低,其中叶黄素占比较大^[15-16]。由图 3-D、图 3-E 可知,采后猕猴桃果实中类胡萝卜素和叶黄素含量变化类似,先呈现下降趋势,在 14 d 时含量上升,而后急剧下降,并在 28 d 时含量再次上升,而对照猕猴桃果实中叶黄素含量一直呈现下降趋势。1-MCP 和自发气调处理均能保持高水平的类胡萝卜素、叶黄素含量,两者结合处理猕猴桃果实的类胡萝卜素、叶黄素含量最高。

花青素是类黄酮类化合物的一种,猕猴桃果实所呈红色是由花青素引起的^[16]。由图 3-F 可知,猕猴桃中花青素含量在贮藏前期急剧下降,而在 14 d 时出现上升峰,而后呈现下降趋势。1-MCP 和自发气调处理猕猴桃果实中均能保持较高水平的花青素含量,其中 1-MCP 处理的效果较好,而两者结合处理猕猴桃果实中的花青素含量最高。

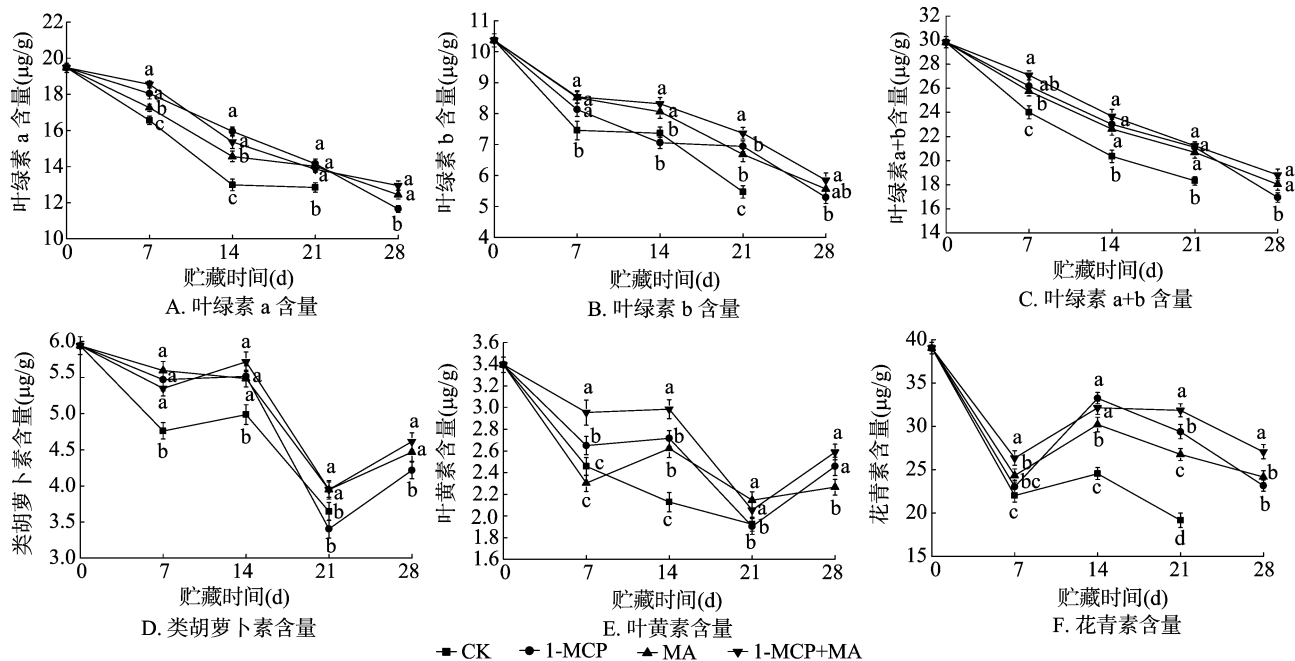


图3 1-MCP 和自发气调处理对猕猴桃果实色素含量的影响

3 讨论与结论

本试验结果表明,1-MCP 和自发气调处理均能降低猕猴桃采后呼吸速率、失质量率,保持果肉颜色,抑制可溶性固形物含量和电导率上升,其中 1-MCP 处理的效果优于自发气调处理,两者结合处理能达到更好的效果。说明 1-MCP 和自发气调处理均能够延缓猕猴桃采后衰老,保持其贮藏品质,其中 1-MCP 处理效果较好,2 种处理可以互增保鲜效果,1-MCP 处理后进行自发气调贮藏可以作为简易高效的常温保鲜手段应用于猕猴桃贮藏中。

成熟猕猴桃果实的颜色为鲜绿色,随着后熟和品质劣变,其颜色变成黄褐色,这也是消费者评价猕猴桃果实新鲜程度的重要依据。猕猴桃果肉的颜色取决于叶绿素、类胡萝卜素、花青素等的含量和比例^[17],这 3 类色素容易被氧化分解,而在猕猴桃果实采后衰老过程中,活性氧自由基大量积累,氧化胁迫上升,导致膜脂氧化,细胞膜透性增加,细胞内外的区域化被破坏,各种酶和活性氧自由基可与色素物质反应^[18]。在

脱镁叶绿素 a 单加氧酶作用下,活性氧可导致叶绿素四吡咯环碳环双键裂解,导致卟啉大环氧化裂解,同时,叶绿素酶和过氧化物酶等多种酶类也参与叶绿素的降解过程^[19-20]。类胡萝卜素和花青素都具有强抗氧化性,易于和活性氧自由基结合而失活,同时也可以多酚氧化酶、过氧化物酶、花色素苷酶等酶的作用下降解^[9-11]。猕猴桃果实采后初期其果肉色素降解,特别是叶绿素和花青素,从而导致果肉绿色度降低,这可能与猕猴桃采后因机械伤和衰老造成氧化胁迫上升,而色素被氧化分解有关。呼吸跃变对猕猴桃后熟劣变的影响较大,呼吸峰(14 d)出现前后,叶绿素含量降低,而类胡萝卜素、叶黄素、花青素的含量上升,这导致呼吸跃变后果肉急剧变红。呼吸跃变是一个复杂的过程,伴随着乙烯浓度的提高,呼吸底物的降解,氧化胁迫的上升和各种酶系统的激活^[21],这可能促进具有直接抗氧化作用的次级代谢产物——类胡萝卜素、花青素的合成。贮藏后期,随着氧化胁迫的持续上升,细胞膜系统透性增加,猕猴桃品质进一步劣变,而各种色素继续被氧化降解。贮藏末期类胡萝卜素含量上升,造成果肉颜

色进一步失绿。

乙烯能够促进果实衰老,加快叶绿素降解和类胡萝卜素积累^[22]。1-MCP 能和乙烯结合位点紧密结合^[23],而自发气调处理所形成的高浓度 CO₂ 能抑制乙烯的作用,低浓度 O₂ 能降低乙烯合成^[20,24],2 种处理都能抑制乙烯的生成和催熟作用。1-MCP 和自发气调处理均能改善果实的抗氧化能力^[2,19],抑制色素氧化,另外还都能影响叶绿素酶、过氧化物酶等相关酶的活性而抑制叶绿素的降解^[22]。本试验中,1-MCP 和自发气调处理都能使猕猴桃果实保持较高的色素含量,特别是维持高水平的叶绿素含量,使果肉呈现较高的绿色度,这可能是由于 1-MCP 和自发气调处理能够延缓衰老,保持果实细胞高水平的抗氧化能力,从而可抑制色素降解。2 种处理中 1-MCP 处理的效果较好,是 1-MCP 对果实呼吸跃变有较强的抑制作用,能更好地抑制衰老所致。1-MCP 和自发气调结合处理能最大限度地抑制果实呼吸跃变,保持果实色素和品质的效果最好,说明 2 种处理可以互增保鲜效果,这可能因为与单一处理相比,结合处理抑制呼吸作用能力更强,同时可以抑制水分散失,较大程度地保持细胞膨压和抗氧化能力,从而更有效地延缓衰老。

综上所述,猕猴桃果实采后绿色度下降,贮藏期间叶绿素、类胡萝卜素、花青素降解。1-MCP 和自发气调处理均能降低猕猴桃果实的可溶性固形物含量、失质量率、电导率,保持了猕猴桃的品质,且能够保持果实的绿色度,抑制叶绿素、类胡萝卜素、花青素的降解,其中 1-MCP 处理的效果优于自发气调处理,而 1-MCP 和自发气调相结合处理对猕猴桃果实品质和色素的保持作用最好。

参考文献:

- [1] McDonald B, Harman J E. Controlled - atmosphere storage of kiwifruit. I. Effect on fruit firmness and storage life[J]. Scientia Horticulturae,1982,17(2):113-123.
- [2] 千春录,陶蓓佩,陈方霞,等. 1-MCP 对猕猴桃果实品质和细胞氧化还原水平的影响[J]. 保鲜与加工,2012,12(2):9-13.
- [3] Mworio E G, Yoshikawa T, Salikon N, et al. Effect of Ma storage and 1-MCP on storability and quality of 'Sanuki Gold' kiwifruit harvested at two different maturity stages [J]. Journal of the Japanese Society for Horticultural Science,2011,80(3):372-377.
- [4] Bhushan S, Tripathi S N, Thakur N K. Effect of different modified atmosphere packaging on the quality of kiwifruit stored at room temperature[J]. Journal of Food Science and Technology - Mysore, 2002,39(3):279-283.
- [5] 千春录,米红波,何志平,等. 1-MCP 对水蜜桃冷藏品质和氧化还原水平的影响[J]. 食品科学,2013,34(12):322-326.
- [6] 千春录,何志平,林菊,等. 热处理对黄花梨冷藏品质和活性氧代谢的影响[J]. 食品科学,2013,34(2):303-306.
- [7] 张丽华,李顺峰,刘兴华,等. 猕猴桃果浆中叶绿素和颜色的热降

- 解动力学[J]. 农业工程学报,2012,28(6):289-292.
- [8] Aron D I. Copper enzymes in isolated chloroplast [J]. Plant Physiology,1949,24(1):1-15.
- [9] 颜少宾,张好艳,马瑞娟,等. 黄肉桃果实发育阶段类胡萝卜素的 变化[J]. 果树学报,2013,30(2):260-266,334.
- [10] 赵文恩,孙晓萍,时国庆,等. 万寿菊叶黄素提取分离研究[J]. 食品科学,2003,24(12):68-70.
- [11] 刘仁道,张猛,李新贤. 草莓和蓝莓果实花青素提取及定量方法的比较[J]. 园艺学报,2008,35(5):655-660.
- [12] Cheng C H, Seal A G, Boldingh H L, et al. Inheritance of taste characters and fruit size and number in a diploid *Actinidia chinensis* (kiwifruit) population[J]. Euphytica,2004,138(2):185-195.
- [13] Ben-Arie R, Sonego L. Modified - atmosphere storage of kiwifruit (*Actinidia chinensis* Planch) with ethylene removal[J]. Scientia Horticulturae,1985,27(3):263-273.
- [14] Tanaka Y, Sasaki N, Ohmiya A. Biosynthesis of plant pigments: anthocyanins, betalains and carotenoids [J]. The Plant Journal, 2008,54(4):733-749.
- [15] Kang J H, Kim S, Moon B. Optimization by response surface methodology of lutein recovery from paprika leaves using accelerated solvent extraction[J]. Food Chemistry,2016,205:140-145.
- [16] Montefiori M, Mcghe T K, Costa G, et al. Pigments in the fruit of red - fleshed kiwifruit (*Actinidia chinensis* and *Actinidia deliciosa*) [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry,2005,53(24):9526-9530.
- [17] 张计育,莫正海,宣继萍,等. 猕猴桃果肉颜色相关色素代谢研究进展[J]. 中国农学通报,2013,29(13):77-85.
- [18] Otárola M C, Carriazo J G, Iturriaga L, et al. Encapsulating betalains from *Opuntia ficus-indica* fruits by Ionic gelation: pigment chemical stability during storage of beads [J]. Food Chemistry,2016,202:373-382.
- [19] Sakaki T, Kondo N, Sugahara K. Breakdown of photosynthetic pigments and lipids in spinach leaves with ozone fumigation: role of active oxygens[J]. Physiol Plant,1983,59(1):28-34.
- [20] 杨晓棠,张昭其,庞学群. 果蔬采后叶绿素降解与品质变化的关系[J]. 果树学报,2005,22(6):95-100.
- [21] Prasanna V, Prabha T N, Tharanathan R N. Fruit ripening phenomena: an overview[J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition,2007,47(1):1-19.
- [22] Gong Y P, Mattheis J P. Effect of ethylene and 1-methylcyclopropene on chlorophyll catabolism of broccoli florets[J]. Journal of Plant Growth Regulation,2003,40(1):33-38.
- [23] Blankenship S M, Dole J M. 1-methylcyclopropene: a review [J]. Postharvest Biology and Technology,2003,28(1):1-25.
- [24] Isenberg F M R. Controlled atmosphere storage of vegetables[M]// Janick J. Horticultural reviews: Volume 1. New Jersey: Wiley - Blackwell,2011:337-394.