

不同温度下 1-MCP 处理对枸杞鲜果贮藏品质的影响

李江阔^{1,2,3,4}, 何宇光⁵, 刘玲⁵, 贾晓昱^{1,2,3,4}, 李春媛^{1,2,3,4}, 张鹏^{1,2,3,4}

(1.天津市农业科学院农产品保鲜与加工技术研究所, 天津 300384; 2.国家农产品保鲜工程技术研究中心(天津), 天津 300384; 3.农业农村部农产品贮藏保鲜重点实验室, 天津 300384; 4.天津市农产品采后生理与贮藏保鲜重点实验室, 天津 300384; 5.沈阳农业大学食品学院, 沈阳 110866)

摘要: 目的 明确不同温度下 1-MCP 处理对微环境气调包装枸杞冷藏品质和香气成分的影响。方法 以枸杞鲜果为实验对象, 分别在 0 °C 和 20 °C 下进行 1-MCP 处理 24 h, 然后在 $-(0.5\pm 0.3)$ °C 环境中进行微环境气调保鲜贮藏, 探究不同处理方式 (mMAP、常温 1-MCP+mMAP、低温 1-MCP+mMAP) 对贮藏期内枸杞鲜果腐烂率、果皮硬度、呼吸速率、乙烯生成速率、相对电导率、可溶性固形物、可滴定酸、维生素 C、色差和整体香气成分的影响。结果 低温 1-MCP 处理结合微环境气调保鲜技术能够减少枸杞果实在贮藏过程中的生命活动, 与常温处理相比, 低温处理能够使果实在贮藏 50 d 时的腐烂率降低至 16.42%, 同时降低了呼吸速率和乙烯生成速率, 维持了果实的果皮硬度, 延缓了果实相对电导率、维生素 C 含量的上升和 L^* , a^* , b^* 的下降。并发现贮藏期间 2 个处理组果实的香气成分差异逐渐减小, 在贮藏 30 d 后无明显差异。结论 低温 1-MCP 处理能够保护微环境气调冷藏枸杞的口感、色泽, 避免了果实的腐烂衰老, 使果实在经过 50 d 的贮藏期后仍能保持较好的商业价值。

关键词: 枸杞鲜果; 1-甲基环丙烯; 微环境气调

中图分类号: TS255.3 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2021)15-0010-09

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2021.15.002

Effects of 1-MCP Treatment at Different Temperatures on Storage Quality of *Lycium Barbarum* Fruits

LI Jiang-kuo^{1,2,3,4}, HE Yu-guang⁵, LIU Ling⁵, JIA Xiao-yu^{1,2,3,4}, LI Chun-yuan^{1,2,3,4}, ZHANG Peng^{1,2,3,4}

(1. Institute of Agricultural Products Preservation and Processing Technology, Tianjin Academy of Agricultural Sciences, Tianjin 300384, China; 2. Tianjin Key Laboratory of Postharvest Physiology and Storage of Agricultural Products, Tianjin 300384, China; 3. Key Laboratory of Storage of Agricultural Products, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Tianjin 300384, China; 4. National Engineering and Technology Research Center for Preservation of Agricultural Products (Tianjin), Tianjin 300384, China; 5. Food Science College, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866, China)

ABSTRACT: In order to study the effects of 1-MCP treatment at different temperatures on cold storage quality and aroma components of *lyceum barbarum* in micro-environmental modified atmosphere packaging. Fresh *lyceum barbarum* fruits were treated with 1-MCP at 0 °C and 20 °C for 24 h, and then storage the fruits at $-(0.5\pm 0.3)$ °C in mMAP, explore the effects of different treatment methods (mMAP, ambient temperature 1-MCP+mMAP, low temperature 1-MCP+mMAP) on

收稿日期: 2021-05-11

基金项目: 兵团重点领域科技攻关项目 (2019AB024); 国家重点研发计划 (2018YFD0401303)

作者简介: 李江阔 (1974—), 男, 博士, 研究员, 主要研究方向为农产品安全与果蔬贮运保鲜新技术。

通信作者: 张鹏 (1981—), 女, 博士, 副研究员, 主要研究方向为果蔬贮运保鲜和无损检测技术。

the decay rate, peel strength, respiration rate, ethylene production rate, relative conductivity, soluble solids, titratable acid, vitamin C, color difference and overall aroma components of *lyceum barbarum*. The results showed that the low temperature 1-MCP+mMAP could reduce the life activity of *lyceum barbarum* fruit during storage, compared with normal temperature treatment, the low temperature treatment could reduce the decay rate to 16.42% at 50 d, decrease the respiration rate and ethylene production rate, maintain the peel strength of the fruit, delay the increase of relative electrical conductivity and vitamin C and the decrease of L^* , a^* , b^* . The difference of aroma components between the two treatments decreased gradually during storage, there was no significant difference after 30 days. In summary, low temperature 1-MCP treatment can protect the taste and color of *lyceum barbarum* fruits, avoid fruit decay and senescence, and maintain good commercial value after 50 days of storage.

KEY WORDS: *lyceum barbarum* fresh fruit; 1-methylcyclopropene; micro-environmental modified atmosphere packaging

枸杞 (*Lycium barbarum*) 是一种多年生双子叶落叶灌木, 是我国重要的经济作物之一。枸杞鲜果中富含 18 种有益于人体健康的氨基酸, 还含有各种微量元素和其他有效成分, 是具有营养价值和保健功效的药食同源性食材^[1]。经研究表明, 枸杞果实具有调节人体免疫活性^[2]、改善人体视觉系统^[3]、抵御人体衰老^[4]、保护人体肝活性^[5]和抗肿瘤^[6]的功效。由于枸杞鲜果含水量高、组织脆嫩, 在外力作用下容易导致果实受到机械损伤, 并且鲜枸杞采摘收获后, 果实呼吸作用旺盛, 组织内部水分迅速蒸发, 产生大量热量, 果实容易发生黄化、腐烂, 导致果实损失大量营养价值和商业价值^[1]。综上所述, 枸杞鲜果的贮藏保鲜问题现在已经成为整个枸杞产业的难点热点问题, 解决枸杞的易腐烂、难贮运的问题也成为了重中之重。

目前, 1-甲基环丙烯 (1-Methylcyclopropene, 1-MCP) 处理已经广泛应用于果蔬贮藏中, 王瑞庆等^[7]利用 1-MCP 和气调包装对枸杞鲜果进行了处理, 研究结果显示, 1-MCP 处理和气调处理均能够有效维持枸杞果实的品质。微环境气调技术 (micro-environmental Modified Atmosphere Packaging, mMAP) 是一种在自发气调贮藏 (MA) 技术的基础上, 结合箱式气调进行改良的一种气调保鲜技术。该技术能够利用果蔬自发的呼吸作用来调整贮藏环境中氧气与二氧化碳的体积比例, 也能够在此基础上加入新型气体, 达到降低果实自身生理活动、减少果实内部有机物消耗的效果, 最终延缓果实品质的降低^[8-9]。微环境气调保鲜技术已经成功应用在百合^[10]、蓝莓忍冬^[11]和蓝莓^[9]等多种果蔬中。1-MCP 结合微环境气调箱处理也已经成功应用在桃^[12]、香蕉^[13]、葡萄^[14]等多种果蔬上, 均能有效维持果实贮藏品质、延长果实贮藏期。目前对于 1-MCP 处理条件的研究多集中在 1-MCP 浓度上, 对于处理温度鲜有研究。颜敏华等^[15]在不同温度环境下对梨和苹果果实进行了 1-MCP 处理, 结果显示, 与首先在常温下进行 1-MCP 处理的果实相比, 低温环境下 1-MCP 处理技术能够保证苹

果和梨在物流过程中的贮藏品质。

总体来说, 虽然利用 1-MCP 结合气调贮藏技术对枸杞果实进行处理已经有大量的研究, 但关于不同 1-MCP 处理环境对于果实品质影响的研究少有报道。文中探究在低温和常温下进行 1-MCP 处理对微环境气调下枸杞冷藏期间品质的差异, 为枸杞鲜果的贮藏保鲜技术提供新的思路方向, 并且为以后的研究提供理论数据支持。

1 实验

1.1 材料和仪器

主要材料: 枸杞果实, 2020 年第 2 季度采摘自河北省秦皇岛青龙满族自治县, 当地育种的青龙枸杞; 1-MCP 药包, 由国家农产品保鲜工程技术研究中心 (天津) 提供。

主要仪器: CheckPoint 气体测定仪, 丹麦 PBI Dansensor 公司; TA.XT Plus 型物性测试仪, 英国 SMS 公司; F-900 乙烯分析仪, 美国 FELIX 公司; DDS-307A 电导率仪, 上海仪电科学仪器股份有限公司; PAL-1 型手持折光仪, 日本 ATAGO 公司; CM-700d 色差计, 日本柯尼卡美能达公司; 916 Ti-Touch 型电位滴定仪, 瑞士万通中国有限公司; PEN3 型电子鼻, 德国 Aisense 公司; 冰温库, 国家农产品保鲜工程技术研究中心 (天津); 微环境气调保鲜箱, 宁波国嘉农产品保鲜包装技术有限公司。

1.2 方法

1.2.1 材料处理

枸杞果实采摘时保留果柄, 采摘后挑选无损伤、无病虫害、成熟度相似的果实放入微环境气调箱, 每箱承装 2 kg 枸杞, 采后 8 h 内运至实验室, 然后打开箱盖放入 1-MCP 药包 (空间浓度为 1.0 $\mu\text{L/L}$), 分别置于冰温库 (-0.5 ± 0.3) $^{\circ}\text{C}$ 和常温 (20 ± 1) $^{\circ}\text{C}$ 下处理 24 h, 处理后将常温组搬入冰温库, 全部打开箱盖,

预冷 24 h 后扣盖贮藏。以 mMAP 组枸杞果实为对照组,各处理组每隔 10 d 从冰温库取出,常温下回温 3 h 后进行相关指标测定,实验周期共 50 d。

1.2.2 测定指标和方法

1) 气体环境。固定 3 箱枸杞果实每 10 d 利用便携式气体测定仪对氧气和二氧化碳的体积分数进行测定。

2) 腐烂率。每次处理随机选取(200±1)g 果实,挑选出腐烂、生霉、果皮破损的果实,并进行称量^[10],见式(1):

$$X = \frac{m_0}{m} \times 100\% \quad (1)$$

式中: X 为腐烂率; m_0 为腐烂果质量(g); m 为调查果总质量(g)。

3) 果皮硬度。使用 TA.XT.Plus 质构仪进行测定^[16]。

4) 呼吸速率。使用静置法进行测定^[17]。

5) 乙烯生成速率。使用 F-900 便携式乙烯分析仪进行测定^[18]。

6) 相对电导率。使用电导仪进行测定^[19]。

7) 可溶性固形物。使用手持式折光仪进行测定^[9]。

8) 可滴定酸。使用李文生等^[20]的方法进行测定。

9) 维生素 C。使用李军^[21]的方法进行测定。

10) 色差。使用色差计进行测定^[22],测得结果中的 L^* , a^* , b^* 代表物体颜色的色度值,色差 ΔE 的计算公式为 $\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$ 。

11) 整体香气成分。使用电子鼻进行测定,利用顶空吸气法分析^[23]。

1.3 数据分析

所用数据进行 3 次重复实验,利用 Excel 2019 软件作图,数据差异性使用 DPS 7.5 进行分析 ($P < 0.05$ 表示差异显著),整体香气成分使用 Winmuster 软件分析。

2 结果和分析

2.1 微环境箱体内气体环境分析

微环境气调处理中果实贮藏的气体环境是影响果实保鲜效果的关键,气体的体积分数影响着果实的代谢^[24]。在整个贮藏期间,气调箱内氧气和二氧化碳体积分数的变化见图 1。由图 1 可知,整体上二氧化碳的体积分数逐渐上升,氧气的体积分数逐渐降低。其中对照组氧气的体积分数在贮藏期间低于 2 个 1-MCP 处理组,二氧化碳的体积分数高于 2 个 1-MCP 处理组。贮藏 20 d 时,低温处理组二氧化碳的体积分数达到 7.93%,氧气的体积分数达到 11.83%;贮藏 20~50 d 时,二氧化碳和氧气的体积分数变化较小,气体环境较为稳定。常温组在贮藏 30 d 时箱内二氧化碳的体积分数为 5.82%,在贮藏 30~50 d 时二氧化碳的体积分数变化较小,气体体积分数基本稳定。

根据箱内气体环境变化可以看出,虽然在贮藏初期低温组果实二氧化碳的体积分数高于常温组,但是在贮藏 20 d 时二氧化碳的体积分数增长减缓,果实进入较为平稳的状态,对照组和常温组都是在贮藏 30 d 左右时才出现相似的现象。综上所述,在低温环境下对枸杞果实进行 1-MCP 处理更有利于枸杞果实尽快达到呼吸稳定的状态,更有利于枸杞果实的贮藏保鲜。

2.2 不同温度下 1-MCP 处理对枸杞鲜果腐烂率和果皮硬度的影响

由图 2a 可知,腐烂率随贮藏时间的延长而升高,其中果实的腐烂率依次为对照组>常温组>低温组。在贮藏 30 d 前果实未发生严重的腐烂变质现象,在贮藏 30 d 后腐烂率开始明显上升,尤其是常温组的腐烂率由贮藏 30 d 时的 6.77% 上升到了贮藏 50 d 时的 28.46%,低温组在贮藏 50 d 时仅上升到 16.42%。这说明在常温下进行 1-MCP 处理的果实相较于在低温环境下进行 1-MCP 处理的果实更容易腐烂变质,推

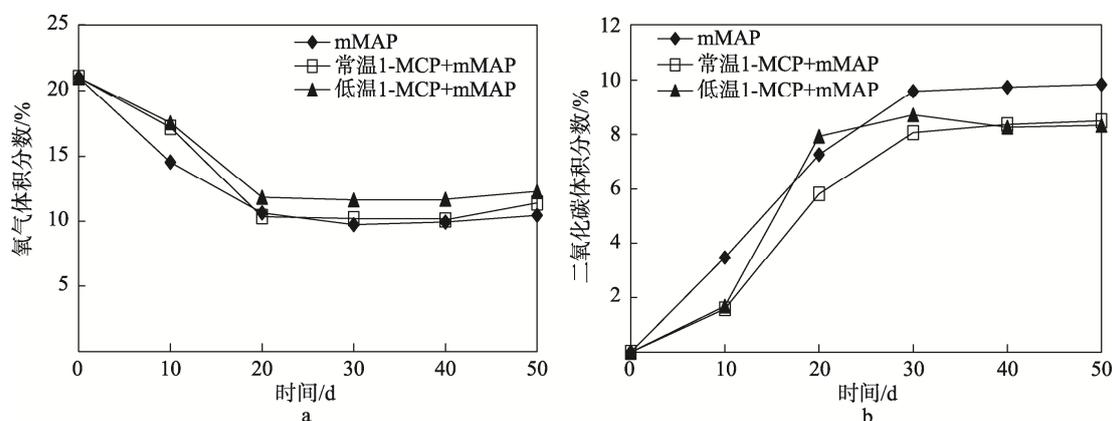


图 1 不同处理组氧气和二氧化碳体积分数变化

Fig.1 Changes of oxygen and carbon dioxide volume fraction in different treatment groups

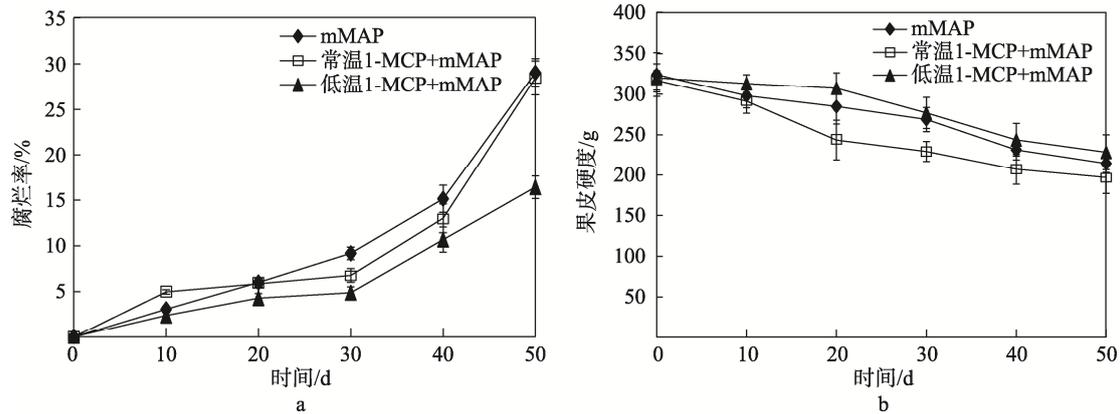


图 2 不同处理对枸杞鲜果感官品质的影响
Fig.2 Effect of different treatments on sensory quality of *lyceum barbarum* fruit

测其原因在于枸杞果实采摘后的短时间内呼吸作用较为旺盛^[24], 容易产生大量的水分, 导致果实表面附着的致病菌大量繁殖, 低温环境能够有效地抑制果实的呼吸作用, 减少呼吸产生的水分, 同时低温环境还能够降低致病微生物的活性, 减缓其繁殖速度。在抑制了致病微生物繁殖的情况下, 果实就能够在贮藏后期避免微生物的侵染, 从而降低果实的腐烂程度。

果皮硬度作为果实质地参数的一种, 与其他果实质地参数(弹性、咀嚼性等)有着较高的相关性, 能够有效地反映果实质地。果皮硬度较高的果实贮藏性更好, 咀嚼性也更加优良, 具有更高的价值^[10-12]。由图 2b 可知, 3 组果实的果皮硬度整体呈现不断下降的趋势, 常温组果实的果皮硬度总体低于对照组和低温组, 3 组果实的果皮硬度在贮藏 0~10 d 时没有明显差异, 贮藏 20~50 d 时常温组与低温组果实的果皮硬度有显著差异 ($P < 0.05$), 其中低温组果实的果皮硬度整体缓慢下降, 常温组果实的果皮硬度在贮藏 20 d 时发生了剧烈下降。综上所述, 低温处理更有利于维持枸杞果实贮藏过程中果实的表皮强度和口感。

2.3 不同温度下 1-MCP 处理对枸杞鲜果呼吸速率、乙烯生成速率和相对电导率的影响

由图 3 可知, 在贮藏期间枸杞果实的呼吸速率先升高后降低, 乙烯生成速率先降低后升高。对照组果实的呼吸速率在贮藏 0~30 d 没有明显的变化, 贮藏 30 d 时出现较为明显的峰值, 在贮藏 30 d 后又迅速下降。2 个不同实验组中, 低温组果实的呼吸速率在贮藏 0~20 d 时上升, 从贮藏 40 d 开始下降; 常温处理组果实的呼吸速率在贮藏 30 d 时停止上升后开始下降, 呼吸速率的变化与箱内气体体积分数变化相符。对照组果实的乙烯生成速率在贮藏 0~10 d 发生了大幅度的下降, 在贮藏 10~50 d 没有发生明显变化。常温处理组果实的乙烯生成速率在贮藏 0~20 d 下降, 贮藏 20 d 后开始上升; 低温处理组在贮藏 0~10 d 下

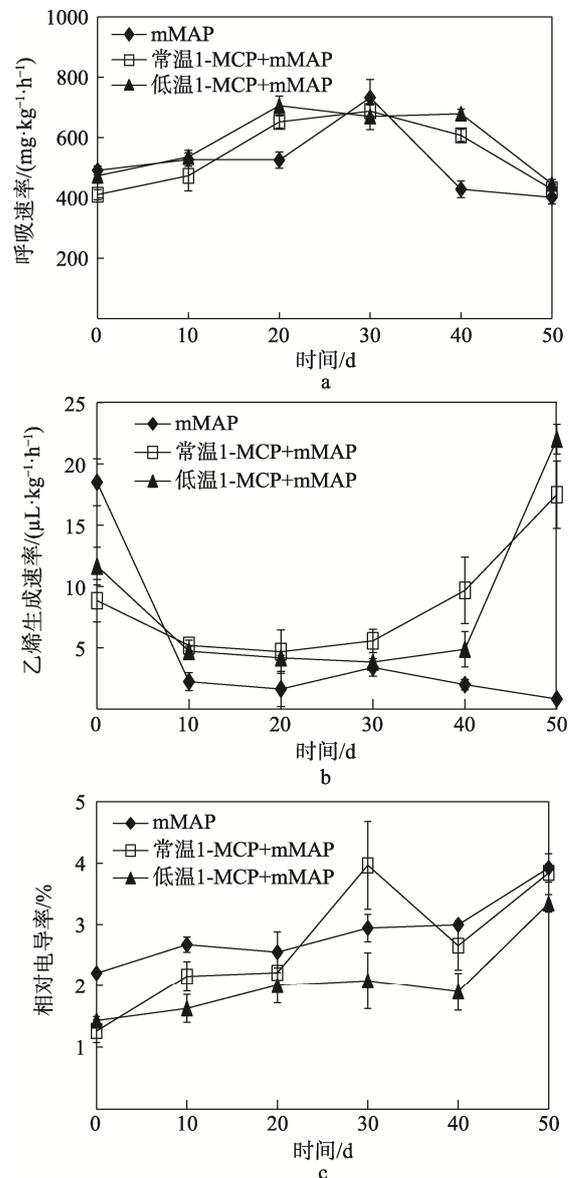


图 3 不同处理对枸杞鲜果生理和衰老指标的影响
Fig.3 Effects of different treatments on physiological and senescent indexes of *lyceum barbarum* fruits

降,在贮藏 10~40 d 几乎没有变化,贮藏 40 d 后开始上升。综上所述,低温组果实的呼吸速率和乙烯生成速率在贮藏中期有一个相对平稳的时期,常温组始终在变化,说明低温处理对枸杞果实的生理活动有一定的抑制作用,有利于枸杞果实的贮藏保鲜。

相对电导率的变化反映果实细胞膜透性的变化,细胞膜透性增大也代表着果实细胞的衰老,细胞内部膜结构被破坏,内含物渗透率增大,相对电导率上升。由图 3c 可知,相对电导率在整个贮藏期间不断上升,对照组果实的相对电导率在贮藏 0~50 d 逐渐上升,且高于 2 个实验组。低温组果实的相对电导率在贮藏 0~40 d 变化较小,在贮藏 50 d 时由 1.857% 上升到了 3.344%;常温组果实的相对电导率整体也是不断上升,且高于低温处理组。综上所述,低温 1-MCP 处理相对于常温 1-MCP 处理能够更有效地保护枸杞果实的细胞内部膜结构,维持膜的完整性。

2.4 不同温度下 1-MCP 处理对枸杞鲜果可溶性固形物、可滴定酸和维生素 C 的影响

果实中可溶性固形物主要由可溶性糖类和相对质量分数较小的其他可溶性成分共同组成,是果实的口感和风味的重要组成部分,是果实中营养物质变化的综合表现,可溶性固形物的变化能够侧面体现果实的成熟度和果实的品质^[24];可滴定酸对果实风味也起到了非常重要的作用,并且有机酸也是果实呼吸最直接的底物,是果实合成 ATP 的主要来源之一,是细胞内很多生化反应过程中的参与者,也是反映果实品质的重要指标之一^[25]。由图 4a—b 可知,3 组果实的可溶性固形物和可滴定酸的质量分数在整体上没有明显的变化。经过显著性分析可以发现,各处理组之间的可滴定酸质量分数没有明显差异 ($P>0.05$),可溶性固形物的质量分数在贮藏 0~40 d 有显著差异 ($P<0.05$),推测实验中 2 种不同处理对于果实的口感风味影响较小。

维生素 C 是一种还原剂,能清除果实内部自由基^[26]。枸杞果实中含有大量的维生素 C,是枸杞果实中重要的营养成分和抗氧化活性物质^[25]。由图 4c 可知,维生素 C 含量在贮藏期间呈先上升后下降的趋势,贮藏期间对照组果实的维生素 C 含量低于处理组,从变化幅度来看低温组的变化程度要小于常温组,常温组果实的维生素 C 含量变化幅度较大,贮藏 10 d 时最高 (185.1 mg/kg),贮藏 50 d 时最低 (82.5 mg/kg)。从结果来看,低温处理组能够减缓枸杞果实在贮藏过程中维生素 C 含量的下降程度,能够更好地维持枸杞果实中的维生素 C 含量,延缓枸杞果实营养价值的降低。

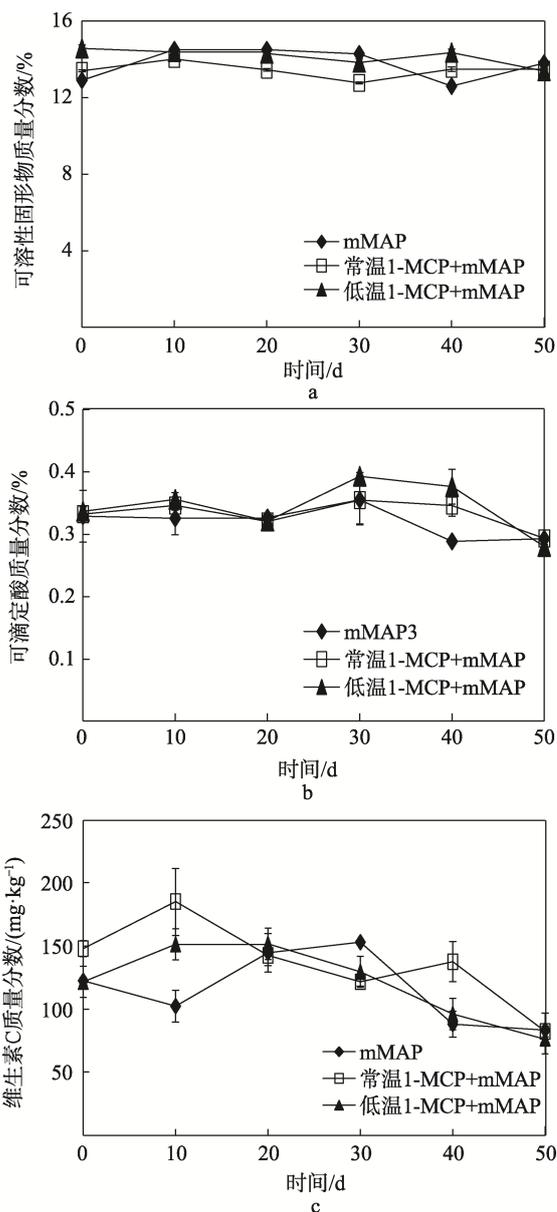


图4 不同处理对枸杞果实营养物质的影响
Fig.4 Effects of different treatments on soluble solids and titratable acid content of *lyceum barbarum* fruit

2.5 不同温度下 1-MCP 处理对枸杞鲜果色差的影响

由表 1 可知,在整个贮藏期间内,各组果实的 L^* , a^* , b^* 和 ΔE 整体呈现下降趋势。 L^* 越低表示果实亮度越低; a^* 越高表示果实颜色越红; b^* 越高表示果实颜色越黄; ΔE 为样品的总色差,代表测定果实与新鲜果实颜色的总体差异^[27]。由于枸杞果实新鲜时呈现鲜艳的红橙色,在贮藏后期果实会变成失去光泽的暗红色,因此 L^* , a^* , b^* 随着贮藏时间的延长呈现逐渐下降的趋势。经过对比可以发现,常温组果实的 L^* , a^* , b^* 在贮藏期间均高于对照组,低于低温组,并且 ΔE 高于低温组,这说明低温处理可以有效

表 1 不同处理对枸杞果实色差的影响
Tab.1 Effects of different treatments on color difference of *lyceum barbarum* fruit

处理条件		L*	a*	b*	ΔE
贮藏前	mMAP	37.16±0.35 ^b	37.72±1.70 ^{bc}	27.68±1.50 ^a	—
	常温 1-MCP+mMAP	36.06±0.09 ^{cd}	40.15±1.31 ^{ab}	27.68±0.56 ^a	—
	低温 1-MCP+mMAP	38.29±0.90 ^a	42.00±1.28 ^a	29.72±1.78 ^a	—
贮藏 10 d	mMAP	36.51±0.38 ^{cd}	33.66±1.97 ^{def}	22.99±2.03 ^b	6.77
	常温 1-MCP+mMAP	35.95±0.04 ^{de}	34.28±2.14 ^{def}	23.27±0.90 ^b	7.34
	低温 1-MCP+mMAP	37.37±0.56 ^b	34.93±1.93 ^{cdef}	22.96±0.62 ^b	9.83
贮藏 20 d	mMAP	35.77±0.07 ^{de}	33.30±1.25 ^{def}	20.56±0.64 ^{cd}	9.08
	常温 1-MCP+mMAP	34.80±0.07 ^f	33.01±3.33 ^{ef}	22.31±1.77 ^{bc}	9.02
	低温 1-MCP+mMAP	36.57±0.19 ^{cd}	36.58±1.84 ^{cd}	23.03±0.62 ^b	8.78
贮藏 30 d	mMAP	34.07±0.06 ^g	33.80±1.26 ^{def}	21.51±0.53 ^{bcd}	8.48
	常温 1-MCP+mMAP	33.74±0.16 ^{gh}	32.44±1.48 ^f	19.51±0.73 ^d	11.47
	低温 1-MCP+mMAP	35.46±0.08 ^e	34.87±2.36 ^{cdef}	22.99±0.44 ^b	10.20
贮藏 40 d	mMAP	33.27±0.26 ^{hi}	36.42±1.53 ^{cd}	23.42±2.21 ^b	6.43
	常温 1-MCP+mMAP	32.66±0.09 ^k	33.41±3.23 ^{def}	22.76±0.40 ^b	9.02
	低温 1-MCP+mMAP	34.81±0.07 ^f	35.24±2.62 ^{cdef}	23.65±1.01 ^b	9.73
贮藏 50 d	mMAP	32.68±0.08 ^{ik}	32.96±3.00 ^{ef}	19.62±2.60 ^d	10.92
	常温 1-MCP+mMAP	31.27±0.43 ^l	27.55±1.23 ^g	16.59±1.58 ^e	17.45
	低温 1-MCP+mMAP	33.19±0.16 ^{ij}	35.96±0.56 ^{cdef}	22.21±0.72 ^{bc}	10.90

注：不同小写字母代表每列差异显著 ($P<0.05$)

延缓果实色泽的改变。相比之下，低温组果实的 L^* , a^* , b^* 更接近果实在贮藏前的数值, ΔE 更小, 果实呈现更鲜艳的橙红色。通过显著性分析可以得到, 在贮藏后期, 对照组与常温组的 L^* 和 a^* 差异不显著 ($P>0.05$), 与低温组差异显著 ($P<0.05$), 说明不同温度下 1-MCP 处理对于枸杞果实的亮度影响较大, 而且低温 1-MCP 处理能够延缓枸杞果实亮度的降低。

2.6 不同温度下 1-MCP 处理对枸杞鲜果整体香气成分的影响

果蔬的香气是果蔬品质的重要组成部分, 在贮藏过程中香气成分含量会降低。电子鼻通过模仿生物嗅觉, 对不同挥发性成分相应响应值信号的数据进行收集, 判断检测采后果蔬气味的变化, 可以通过得到的香气成分数据来判断果蔬的衰老程度^[25]。在结果分析处理时采用线性判别法 (LDA 法), LDA 方法是将样品测得的挥发性成分响应值信号的数据通过特定算法投影到某一平面, 使组间投影分开后对投影在空间中的分布状态和距离进行分析的一种方法^[28]。由图 5 可知, LD1 贡献率为 48.09%, LD2 贡献率为 28.20%, 总贡献率为 76.29%, 经过软件分析将这 2 种成分设定为代表样品的主要香气成分信息特征。由图 5 可

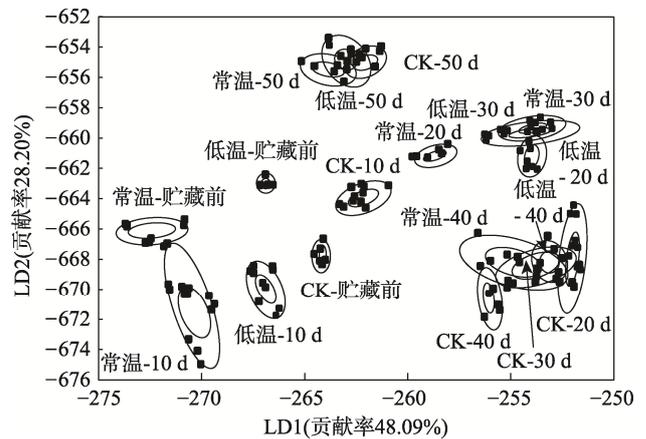


图 5 不同处理对枸杞果实香气成分的影响
Fig.5 Effects of different treatments on aroma components of *lyceum barbarum* fruit

知, 在贮藏前 3 组椭圆分布距离较远, 贮藏 10 d 和贮藏 20 d 时虽然 2 个实验组仍不相交, 但距离开始变近。到贮藏 30 d 时 2 个实验组的椭圆开始交叉, 在贮藏后期 (30~50 d) 常温组与低温组的挥发性成分椭圆发生了互相交叉情况。说明在贮藏前 3 组挥发性气味的差异较大, 贮藏 10 d 时仍有显著差异, 随

着贮藏时间的延长,各组果实气味开始逐渐接近,贮藏30 d时2个处理组间没有显著差异,到贮藏40 d后3组挥发性成分差异不显著($P>0.05$)。

3 讨论

果蔬在采后仍然会继续进行生命活动,其中呼吸作用是最重要的生命活动之一,呼吸作用能够给果实提供最基础的代谢活动所需能量^[11]。通过果实自发的呼吸来调节环境中二氧化碳的体积分数,最终达到满足自身生命活动的最佳贮藏环境^[29]。通过对实验结果进行数据分析后发现,低温处理能够在贮藏20 d时达到气调平衡,能够更早地停止呼吸速率的上升,并推迟果实呼吸速率开始下降的时间。实验结果表明,枸杞果实的呼吸速率在贮藏前期升高,在贮藏后期开始下降,这一变化趋势与李新等^[30]的研究相似。通过对呼吸速率与气体环境相结合可以发现两者变化相符,说明了在这个气体环境下枸杞果实经低温1-MCP处理相比于常温1-MCP处理能够更快地达到呼吸稳定的状态,更有利于维持枸杞果实的贮藏品质。乙烯是一种具有催熟作用的激素,乙烯的生成速率与果实的保鲜效果之间存在着一定的关系^[31]。实验结果表明,低温组的乙烯生成速率下降得更快,并且能够在较长时间保持一个较低的生成速率,此结果与李新等^[30]的结果相似,说明低温环境下进行1-MCP处理能够更好地进行果实的保鲜贮藏。

感官指标方面,在低温环境中进行1-MCP处理后果实的腐烂率更低,更加有利于枸杞果实的贮藏保鲜,这与顾敏华等^[15]的研究结果一致,推测出现这种现象是由于低温环境抑制了果实呼吸,减少呼吸产生的水分,降低了致病致腐微生物的繁殖速度,从而防止果实在贮藏后期发生腐烂。在枸杞果实的果皮硬度分析结果中可以发现,低温组果实果皮硬度更高,使果实维持了一个更好的口感,并且防止了果实被环境中微生物侵染,防止了果实的腐烂变质,能有效地降低果实在贮藏中发生腐烂现象,李新等^[30]对枸杞果实的硬度进行测定也得到了相似的结果。刘军^[32]的研究结果表明,呼吸作用影响了果实中呼吸底物的消耗,进而影响枸杞果实细胞壁中多糖降解的速率,最终导致果实软化现象上的差异,此实验中呼吸速率较低的低温处理组果实在贮藏后期时果实的果皮硬度高于常温处理组的结果与其推测相符。果实的相对电导率代表了果实生物膜两端渗透压差值,是反映果实生物膜的物质交换能力的指标^[33]。相对电导率表示了果实对于外界贮藏环境的抵抗能力,实验结果显示,低温组果实在贮藏50 d时相对电导率上升到了3.344%,相较于常温组降低了0.496%,证明低温组果实内部细胞膜结构保护较好,受损程度更低,能够帮助果实抵抗贮藏环境中的微生物侵染,从而更难以腐烂变

质,与果实的腐烂率、果皮硬度等指标结果相互印证,这与杨万鹏等^[19]的研究结果一致。色差值结果显示,低温组果实的 L^* , a^* , b^* 值的降低速度低于常温组果实的降低速度,在贮藏50 d时低温组果实的 L^* 仍然保持在33.19,是各处理组中最高的一组,经过贮藏后低温组果实的色泽更加接近原始色泽,能够保持枸杞果实鲜亮诱人的橙红色;常温组果实在贮藏末期色泽偏暗,颜色更加接近暗淡的血红色。低温1-MCP处理使枸杞果实经过贮藏后仍然能保持新鲜果实的颜色,避免了果实因颜色变化导致商业价值的降低。魏国东等^[24]对枸杞果实的色差也进行了研究,其结果与文中结果相似。在贮藏后期保鲜效果较好的处理组的果实色差更小,颜色更加鲜亮。

营养指标中维生素C含量在贮藏期间整体呈现下降趋势,其中常温组的下降幅度大于低温组,说明低温组处理能够避免维生素C的分解,降低维生素C含量下降的幅度,能够有效地保护枸杞果实的营养价值,实验结果中呈现的下降趋势与葛玉萍等^[34]的实验结果相符。实验也对枸杞果实的香气成分、可溶性固形物和可滴定酸的含量进行了测定,结果表明,2个处理组果实的可滴定酸含量没有显著差异。虽然可溶性固形物和香气成分在贮藏初期差异较大,但随着贮藏时间的延长,2个指标的差异越来越小,在贮藏50 d时没有显著差异。由此推测不同温度下1-MCP处理对于枸杞果实的风味和香气的保护作用较小,产生的影响不大。

4 结语

在低温环境下进行1-MCP处理结合微环境气调保鲜技术能够维持枸杞果实的贮藏品质,保持果实较好的感官品质,减少果实腐烂现象的发生,维持果实中营养物质的含量,提高果实的商品性。低温1-MCP处理结合微环境气调技术能够有效维持枸杞果实的贮藏品质和商业价值,抑制果实在贮藏期间的生命活动,延长枸杞的贮藏期和上市期。

参考文献:

- [1] 李晓莺,张曦燕,闫亚美,等.不同浓度水杨酸处理对枸杞鲜果采后生理及贮藏保鲜效果的影响[J].江苏农业科学,2020,48(2):207—209.
LI Xiao-ying, ZHANG Xi-yan, YAN Ya-mei, et al. Effects of Different Concentrations of Salicylic Acid on Postharvest Physiology and Storage of *Lycium Barbarum*[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2020, 48(2): 207—209.
- [2] ZHU Wei, ZHOU Shu-xin, LIU Ji-hua, et al. Prebiotic, Immuno-Stimulating and Gut Microbiota-Modulating Effects of *Lycium Barbarum* Polysaccharide[J]. Biomedicine and Pharmacotherapy, 2019, 121: 109591.

- [3] CHAN H L, LAM H I, CHOI K Y, et al. Delay of Cone Degeneration in Retinitis Pigmentosa Using a 12-Month Treatment with *Lycium Barbarum* Supplement[J]. *Journal of Ethnopharmacology*, 2019, 236: 336—344.
- [4] HUANG Chao, YAO Ru-yu, ZHU Zhong-kai, et al. A Pectic Polysaccharide from Water Decoction of Xinjiang *Lycium Barbarum* Fruit Protects Against Intestinal Endoplasmic Reticulum Stress[J]. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2019, 130: 508—514.
- [5] 董雨荷, 胡文忠, 连俊辉, 等. 黑果枸杞活性成分及其药理作用的研究进展[J]. *广东化工*, 2020, 47(23): 48—49.
- DONG Yu-he, HU Wen-zhong, LIAN Jun-hui, et al. Research Progress on Active Components and Pharmacological Effects of *Lycium Ruthenicum*[J]. *Guangdong Chemical Industry*, 2020, 47(23): 48—49.
- [6] GONG Gui-ping, LIU Qian, DENG Yang-ni, et al. Arabinogalactan Derived from *Lycium Barbarum* Fruit Inhibits Cancer Cell Growth Via Cell Cycle Arrest and Apoptosis[J]. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2020, 149: 639—650.
- [7] 王瑞庆, 冯建华, 魏雯雯, 等. 1-MCP 处理和气调包装对枸杞鲜果低温贮藏品质的影响[J]. *农业工程学报*, 2012, 28(19): 287—292.
- WANG Rui-qing, FENG Jian-hua, WEI Wen-wen, et al. Effect of 1-MCP Treatment and Modified Atmosphere Packaging on Low Temperature Storage Quality of *Lycium Barbarum*[J]. *Journal of Agricultural Engineering*, 2012, 28 (19): 287—292.
- [8] 孙志惠, 付华, 张青. 气调包装对果蔬保鲜效果的影响[J]. *农产品加工*, 2018, 452(6): 20—22.
- SUN Zhi-hui, FU Hua, ZHANG Qing. Effect of Modified Atmosphere Packaging on Preservation of Fruits and Vegetables[J]. *Agricultural Products Processing*, 2018, 452(6): 20—22.
- [9] 薛友林, 于弘毅, 张鹏, 等. 微环境气调对冰温贮藏下蓝莓果实品质及挥发性成分的影响[J/OL]. *食品工业科技*: 1—9. [2021-04-13]. <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2020120201>.
- XUE You-lin, YU Hong-tao, ZHANG Peng, et al. Effects of Controlled Atmosphere on Quality and Volatile Components of Blueberry Fruits under Ice Temperature Storage[J/OL]. *Food Industry Science and Technology*: 1—9. [2021-04-13]. <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2020120201>.
- [10] 张鹏, 康丹丹, 魏宝东, 等. 微环境气调包装对兰州百合采后衰老与防御酶的影响[J/OL]. *食品工业科技*: 1—9. [2021-05-10]. <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2020090004>.
- ZHANG Peng, KANG Dan-dan, WEI Bao-dong, et al. Effects of Micro Environment Modified Atmosphere Packaging on Senescence and Defense Enzymes of Lanzhou Lily[J/OL]. *Food Industry Science and Technology*: 1—9. [2021-05-10]. <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2020090004>.
- [11] 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. Effects of Controlled Atmosphere on Storage Quality and Antioxidant Enzymes of *Lonicera Macranthoides*[J]. *Food and Fermentation Industry*, 2021, 47(6): 152—159.
- [12] 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/OL]. *食品工业科技*: 1—19. [2021-05-10]. <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2020110201>.
- HOU Jia-di, ZHU Li-juan, WANG Jun-ping, et al. Effects of 1-MCP Treatment on Fruit Quality and Physiological and Biochemical Characteristics of 'Xiahui 8' Peach[J/OL]. *Food Industry Science and Technology*: 1—19. [2021-05-10]. <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2020110201>.
- [13] 李艳娇, 张月江, 邢江艳, 等. 1-甲基环丙烯结合膜气调处理对河口香蕉贮藏品质的影响[J]. *食品与机械*, 2021, 37(1): 148—155.
- LI Yan-jiao, ZHANG Yue-jiang, XING Jiang-yan, et al. Effect of 1-MCP Combined with Different Film Modified Atmosphere Treatment on Storage Quality of Hekou Banana[J]. *Food and Machinery*, 2021, 37(1): 148—155.
- [14] 孙思胜, 张晓娟, 马传贵, 等. 1-MCP 结合自发气调包装对夏黑葡萄保鲜效果[J]. *食品研究与开发*, 2020, 41(22): 93—99.
- SUN Si-sheng, ZHANG Xiao-juan, MA Chuan-gui, et al. Effect of 1-MCP Combined with Modified Atmosphere Packaging on Preservation of Summer Black Grape[J]. *Food Research and Development*, 2020, 41(22): 93—99.
- [15] 颜敏华, 吴小华, 陈柏, 等. 果蔬保鲜的预冷与 1-MCP 一体化预处理技术[J]. *甘肃农业科技*, 2020, 537(10): 90—92.
- JIE Min-hua, WU Xiao-hua, CHEN Bai, et al. Integrated Pre-Cooling and 1-MCP Pretreatment Technology for Fruit and Vegetable Preservation[J]. *Gansu Agricultural Science and Technology*, 2020, 537(10): 90—92.
- [16] CAMPS C, GUILERMIN P, MAUGET J C, et al. Data Analysis of Enetrometric Force/Displacement Curves for the Characterization of Whole Apple Fruits[J]. *Journal of Texture Studies*, 2005, 36: 387—401.
- [17] 曹建康, 姜微波, 赵玉梅, 等. 果蔬采后生理生化实验指导[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2007: 46—49.
- CAO Jian-kang, JIANG Wei-bo, ZHAO Yu-mei, et al. *Physiological and Biochemical Experiment Guide for Fruits and Vegetables after Harvest*[M]. Beijing: China Light Industry Press, 2007: 46—49.
- [18] 刘成红. 1-MCP 结合真空包装双重处理对柿果贮藏保鲜效果影响的研究[D]. 天津: 天津科技大学,

- 2008: 17—21.
- LIU Cheng-hong. Effect of 1-MCP Combined with Vacuum Packaging on Persimmon Storage[D]. Tianjin: Tianjin University of Science and Technology, 2008: 17—21.
- [19] 杨万鹏, 马瑞, 杨永义, 等. NaCl 处理对黑果枸杞生长、生理指标的影响[J]. 分子植物育种, 2019, 17(13): 4437—4447.
- YANG Wan-peng, MA Rui, YANG Yong-yi, et al. Effects of NaCl Treatment on Growth and Physiological Indexes of *Lycium Ruthenicum*[J]. Molecular Plant Breeding, 2019, 17 (13): 4437—4447
- [20] 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. Determination of Titratable Acids in Fruits by Automatic Potentiometric Titration[J]. Food Science, 2009, 30(4): 247—249.
- [21] 李军. 钼蓝比色法测定还原型维生素 C[J]. 食品科学, 2000(8): 42—45.
- LI Jun. Determination of Reduced Vitamin C by Molybdenum Blue Colorimetry[J]. Food Science, 2000(8): 42—45.
- [22] 寇文丽, 李江阔, 张鹏, 等. 1-MCP 对不同成熟度冰温贮藏磨盘柿品质和生理的影响[J]. 果树学报, 2012, 29(2): 199—204.
- KOU Wen-li, LI Jiang-kuo, ZHANG Peng, et al. Effect of 1-MCP on Quality and Physiology of Mopan Persimmon Stored at Different Maturity under Ice Temperature[J]. Acta Pomology Sinica, 2012, 29(2): 199—204.
- [23] 李齐, 张鹏, 刘景超, 等. 灰度关联法分析冰温贮藏对鲜枸杞品质的影响[J]. 包装工程, 2021, 42(5): 55—64.
- LI Qi, ZHANG Peng, LIU Jing-chao, et al. Effects of Controlled Freezing Point Storage on Quality of Fresh *Lycium Barbarum* Analyzed by Gray Correlation Method[J]. Packaging Engineering, 2021, 42(5): 55—64.
- [24] 魏国东, 申江, 贺红霞, 等. 冰温结合塑料盒包装对枸杞鲜果品质的影响[J]. 食品研究与开发, 2020, 41(1): 79—84.
- WEI Guo-dong, SHEN Jiang, HE Hong-xia, et al. Effect of Ice Temperature Combined with Plastic Box Packaging on the Quality of *Lycium Barbarum*[J]. Food Research and Development, 2020, 41(1): 79—84.
- [25] 卜宁霞, 徐昊, 赵宇慧, 等. 不同成熟度枸杞采后品质及生理变化研究[J]. 保鲜与加工, 2019, 19(1): 1—8.
- BU Ning-xia, XU Hao, ZHAO Yu-hui, et al. Study on Postharvest Quality and Physiological Changes of *Lycium Barbarum* with Different Maturity[J]. Preservation and Processing, 2019, 19(1): 1—8.
- [26] 何靖柳, 刘继, 黄彭, 等. 几种保鲜处理对贮藏期间'红阳'猕猴桃抗氧化生理特性变化的影响[J]. 食品工业科技, 2014, 35(21): 341—345.
- HE Jing-liu, LIU Ji, HUANG Peng, et al. Effects of Several Preservation Treatments on Antioxidant Physiological Characteristics of 'Hongyang' Kiwifruit During Storage[J]. Food Industry Science and Technology, 2014, 35(21): 341—345.
- [27] 张长新. Hunter Lab 色差仪:食品颜色的有效测量工具[J]. 食品安全导刊, 2009, 11(3): 43.
- ZHANG Chang-xin. Hunter Lab Colorimeter: an Effective Tool for Measuring Food Color[J]. Food Safety Guide, 2009, 11(3): 43.
- [28] 张鹏, 李江阔, 陈绍慧. 气质联用和电子鼻对 1-MCP 不同处理时期苹果检测分析[J]. 食品与发酵工业, 2014, 40(9): 144—151.
- ZHANG Peng, LI Jiang-kuo, CHEN Shao-hui. Detection and Analysis of Apple Treated with 1-MCP in Different Periods by GC-MS and Electronic Nose[J]. Food and Fermentation Industry, 2014, 40(9): 144—151.
- [29] 杨丽. 蓝莓采后品质与综合保鲜技术[J]. 现代园艺, 2018, 366(18): 32—33.
- YANG Li. Postharvest Quality and Comprehensive Preservation Technology of Blueberry[J]. Modern Horticulture, 2018, 366(18): 32—33.
- [30] 李新, 周宜洁, 唐瑞芳, 等. 贮藏温度对鲜枸杞生理指标和营养品质的影响[J]. 食品工业科技, 2018, 39(14): 264—269.
- LI Xin, ZHOU Yi-jie, TANG Rui-fang, et al. Effects of Storage Temperature on Physiological Indexes and Nutritional Quality of Fresh *Lycium Barbarum*[J]. Food Industry Science and Technology, 2018, 39(14): 264—269.
- [31] 施杨, 危春红, 陈志杰, 等. 枸杞鲜果采后生理及保鲜技术研究进展[J]. 保鲜与加工, 2016, 16(3): 102—106.
- SHI Yang, WEI Chun-hong, CHEN Zhi-jie, et al. Research Progress on Postharvest Physiology and Preservation Technology of *Lycium Barbarum*[J]. Preservation and Processing, 2016, 16(3): 102—106.
- [32] 刘军. 枸杞发育过程中果实软化的生理差异及其作用机制研究[D]. 银川: 宁夏大学, 2020: 16—24.
- LIU Jun. Physiological Differences and Mechanism of Fruit Softening during the Development of *Lycium Barbarum*[D]. Yinchuan: Ningxia University, 2020: 16—24.
- [33] HU Bing-xue, SUN Da-wen, PU Hong-bin, et al. Recent Advances in Detecting and Regulating Ethylene Concentrations for Shelf-Life Extension and Maturity Control of Fruit: A Review[J]. Trends in Food Science and Technology, 2019, 91: 66—82.
- [34] 葛玉萍, 曹有龙, 许兴, 等. 不同厚度保鲜膜对枸杞果实品质的影响[J]. 安徽农业科学, 2008(20): 8805—8806.
- GE Yu-ping, CAO You-long, XU Xing, et al. Effects of Different Thickness of Preservative Film on Fruit Quality of *Lycium Barbarum*[J]. Anhui Agricultural Sciences, 2008(20): 8805—8806.