

骆文宾,李媛媛,郭鑫宇,等. 1-甲基环丙烯对 K9 小苹果采前保果及采后保鲜的效果[J]. 江苏农业科学,2022,50(9):179-184.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2022.09.029

1-甲基环丙烯对 K9 小苹果采前保果及采后保鲜的效果

骆文宾¹,李媛媛¹,郭鑫宇¹,徐勇²,吴学民²

(1. 中国农业大学资源与环境学院,北京 100193; 2. 中国农业大学理学院,北京 100193)

摘要:为有效防止早熟苹果在采收前严重落果并延长其在常温条件下的贮存期限,以 K9 小苹果为试验材料,分别研究不同浓度 1-MCP 处理在敞开条件下对采前 K9 小苹果的保果效果以及密闭条件下对采后 K9 小苹果的保鲜效果。以落果率、可溶性固形物含量、硬度、失质量率及感官评价等作为评判指标,结果表明:与对照相比,1-MCP 采前喷雾处理能显著减少 K9 小苹果采前落果数量,降低落果率;采后熏蒸处理能显著提高 K9 小苹果的果实硬度,可溶性固形物含量稳定且处于较高水平,有效抑制水分散失,延缓苹果口感粉化进程。常温条件下,以 3.0 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理对 K9 小苹果采前保果效率最佳,1.5 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理对 K9 小苹果采后保鲜效果最好;1-MCP 处理相较于对照组,可使落果率减少 12.02%~24.85%,保鲜期限延长 2~3 倍,在实际农业生产中有推广应用价值。

关键词:1-甲基环丙烯;K9 小苹果;保果;保鲜;感官评价;果品品质

中图分类号:S661.109+.3 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2022)09-0179-06

K9 小苹果,又名 7 月鲜,由辽宁省果树科学研究所所以佚名大苹果为母本、铃铛果为父本杂交选育而来。该品种具有早熟、高产、抗病抗旱等优点,口感酸甜脆爽、营养价值丰富、色泽粉红鲜亮,很好地填补了苹果淡季市场,深受消费者喜爱^[1]。但是 K9 小苹果在采收期前会大量落果,严重时落果率高达 30%;且常温条件下,采收后极不耐贮,一般 3 d 左右口感下降明显,失水粉化,放置 7 d 左右则基本丧失鲜食价值,严重影响了早熟品种 K9 小苹果的经济价值。

1-甲基环丙烯(1-methylcyclopropene,简称 1-MCP)作为国际上先进的果蔬保鲜剂,其本身绿色环保无毒害作用,用量极低且高效,通过与植物体表面的乙烯受体不可逆结合,从而减少内源乙烯与外源乙烯对果实的后熟作用,降低果实呼吸,延缓果实衰老,以此达到保鲜效果,在果品保鲜领域有广泛应用^[2-5]。目前,有关 1-MCP 的研究主要集中在果蔬的采后保鲜方面,国内尚未有关于 1-MCP 对苹果采前保果的研究报道。此外,1-MCP

对一些苹果品种的保鲜效果已有研究,大苹果方面包括红星^[6]、富士^[7-9]、金冠^[10]、寒富^[11]、岳冠^[12]、花牛^[13]等;关于小苹果,仅发现对金红小苹果^[14-15]有相关研究。本研究以 K9 小苹果为试验材料,在常温条件下,分别研究不同浓度 1-MCP 处理在敞开条件下对 K9 小苹果采前保果效果以及密闭条件下对 K9 小苹果采后保鲜效果的影响,筛选出最佳使用浓度,以期对 K9 小苹果在采收期保果及采后贮存保鲜提供参考依据,也为 K9 小苹果的产业发

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试 K9 果树及苹果:来自于北京市门头沟区清水镇黄安坨村北京百安园食用菌种植专业合作社种植的果园。

供试 1-MCP 保鲜剂:由中国农业大学理学院农药加工与制剂研究课题组自制。

仪器材料:GY-3 型果实硬度计,TD-35 型数字折光仪,T-214 型电子分析天平。

1.2 试验方法

1.2.1 试验地点 试验园区位于北京市门头沟区清水镇黄安坨村(116°09' E, 39°60' N),海拔 1 045 m,属暖温带半湿润大陆性季风气候,山地占全村面积 95%以上,土壤类型为山地棕壤。

1.2.2 试验设计 采前保果试验。共设 4 个处理,

收稿日期:2021-07-19

基金项目:国家重点研发计划(编号:2017YFD0201300)。

作者简介:骆文宾(1996—),男,江西南昌人,硕士研究生,主要从事植物保护与资源利用及农药剂型加工研究。E-mail:13576262664@163.com。

通信作者:徐勇,博士,讲师,主要从事农药剂型加工与助剂应用研究。E-mail:sdauxy@126.com。

分别为:(1)清水对照;(2)1.0 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理;(3)2.0 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理;(4)3.0 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理。试验于 2020 年 7 月 23 日在果园敞开环境下进行,采用喷雾法,选取大小与长势一致的 K9 果树进行 1-MCP 喷雾,确保液滴能够完全浸润叶片。按照 3 m \times 3 m \times 4 m(长 \times 宽 \times 高)计算空间体积,并计算相应浓度的 1-MCP 用量,每个处理选用 3 棵果树,重复 3 次。

采后保鲜试验。共设 5 个处理,分别为:(1)清水对照;(2)0.5 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理;(3)1.0 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理;(4)1.5 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理;(5)2.0 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理。试验于 2020 年 7 月 28 日在室内常温下进行,K9 小苹果约 8 成熟时采摘,均选用大小一致、表面光滑无明显机械损伤且未进行任何处理的 K9 小苹果作为供试材料,采用密闭熏蒸法,将保鲜剂与 30 个苹果一同放置在泡沫箱中,并用隔板将保鲜剂与苹果隔开,加微量纯净水将保鲜剂润湿,密封 24 h 后打开,重复 3 次,1-MCP 的具体用量根据实际测得的泡沫箱内部空间体积计算得出。

1.2.3 试验方法 在试验开始后,每隔 3 d 分别对以下各项指标进行评估测定,每次随机选取 10 个果实。

硬度:削去约 1 cm² 的果实表皮,将 GY-3 型果实硬度计的探头匀速压入果实内部 1 mm 深处,进行硬度测定。

可溶性固形物:用匀浆机将果肉捣碎,纱布过滤出汁液,用 TD-35 型数字折光仪测定其含量。

失质量率:采用称质量法测定,每个处理固定标记 10 个苹果,用于失质量率的测定;失质量率=(初始苹果质量-每次测定前的苹果质量)/初始苹果质量 \times 100%。

落果率=落果数量/(地下部分的落果数+地上部分的剩余苹果数) \times 100%。

感官评价:参考姜雪峰等的感官评价方法^[16]并做适当简化修改(表 1)。

1.2.4 安全性调查 试验后每天观察 1 次试验树有无不良反应,调查结果表明,1-MCP 对供试果树无任何不良影响。

1.3 数据处理

采用数据处理软件 SPSS 25.0 和 Excel 2019 对数据进行统计分析 & 差异显著性($\alpha=0.05$) 比较。

表 1 K9 小苹果感官评价标准

| 项目 | 评分标准 | 分值 |
|----|--------------|----|
| 色泽 | 颜色鲜亮,有光泽 | 3 |
| | 颜色灰暗,无光泽 | 2 |
| | 颜色灰暗,有斑点 | 1 |
| | 颜色暗黑,腐烂变质 | 0 |
| 口感 | 脆爽适口,水分饱满 | 4 |
| | 略微绵软,水分适中 | 3 |
| | 口感较差,水分较少 | 2 |
| | 绵软干瘪,影响食用 | 1 |
| | 腐烂变质,无法食用 | 0 |
| 品相 | 果实组织饱满,有苹果香气 | 3 |
| | 果实组织略微酥软,香气淡 | 2 |
| | 果实组织干瘪缺水,无香气 | 1 |
| | 果实严重变质,有腐败气味 | 0 |

2 结果与分析

2.1 1-MCP 处理对 K9 小苹果采前保果的影响

2.1.1 对采前保果情况的影响 从图 1 可以看出,随着时间的不断延长,各处理的落果数量均呈现出递增趋势,0~9 d 时,对照组与中、低浓度组(1.0、2.0 $\mu\text{L/L}$)的落果数量无显著差异,但 3.0 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理组已经表现出显著的保果作用;9 d 之后,对照组落果数量急剧增加,与处理组差异显著,且高浓度处理组与中、低浓度处理组之间也出现显著性差异;15 d 时,各处理间均出现显著差异,按落果数量多少排序为 CK>1.0 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP>2.0 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP>3.0 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP。其中以对照组落果数量最多,为 242 个;3.0 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理落果最少,仅为 32 个,占对照组的 13.2%。由表 2 可知,落果率与处理浓度成负相关,1-MCP 浓度越高,落果率越低,对果实的保果作用越显著,3.0 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理对 K9 的保果效果最佳,落果率仅为 6.54%,比对照组减少了 24.85%。具体田间效果见图 2。

2.1.2 对采前果品品质的影响 喷施 1-MCP 15 d 时,分别对各处理随机采取的 10 个果实样品进行硬度、可溶性固形物含量、感官评价的测定。由表 3 可知,3.0 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理的果实硬度、可溶性固形物含量、感官评价得分均为最优,并显著高于对照组;1.0 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 与 2.0 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理果实硬度、感官评价得分无显著差异;2.0 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理可溶性固形物含量显著高于

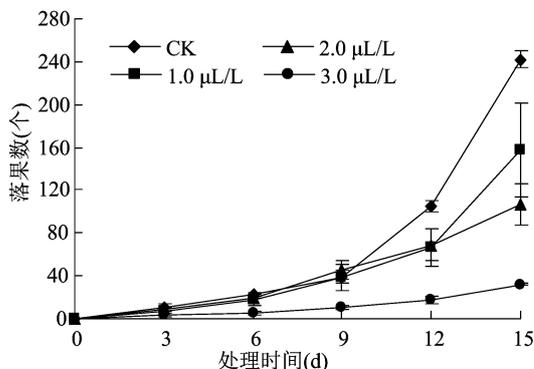


图1 采前1-MCP处理对K9小苹果落果数量变化的影响

1.0 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP处理。

2.2 1-MCP对K9小苹果采后保鲜的影响

2.2.1 对可溶性固形物的影响

果实中的可溶性固形物含量是评估水果品质的一项重要评价指标,在一定程度上代表了苹果的口感风味。从图3可以看出,对照组的可溶性固形物含量随着贮存时间的延长而不断降低,直至6 d后因水分散失严重而无法进行测定,失水粉化,风味下降明显。而1-MCP各浓度处理组均能有效抑制可溶性固形物含量的下降,并无出现明显下降趋势,且12 d时均略高于

表2 采前1-MCP处理对K9小苹果落果率的影响

| 1-MCP浓度 ($\mu\text{L/L}$) | 单果质量 (g) | 总质量 (kg) | 数量 (个) | 落果数 (个) | 总数量 (个) | 落果率 (%) |
|-----------------------------|----------|----------|--------|---------|---------|--------------------------|
| CK | 50.43 | 26.65 | 529 | 242 | 771 | $31.39 \pm 1.50\text{a}$ |
| 1.0 | 51.79 | 27.77 | 548 | 157 | 705 | $22.27 \pm 0.37\text{b}$ |
| 2.0 | 51.37 | 23.85 | 465 | 106 | 571 | $18.56 \pm 1.37\text{c}$ |
| 3.0 | 49.76 | 22.71 | 457 | 32 | 489 | $6.54 \pm 0.32\text{d}$ |

注:表格中的数据均为3次重复的平均数。



左上:清水对照;右上:1.0 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP处理;左下:2.0 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP处理;右下:3.0 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP处理

图2 采前1-MCP处理对K9小苹果的田间保果效果

表3 采前1-MCP处理对K9小苹果各项生理指标的影响

| 1-MCP浓度 ($\mu\text{L/L}$) | 硬度 (kg/cm^2) | 可溶性固形物含量 (%) | 感官评价 (分) |
|-----------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------|
| CK | $7.67 \pm 0.31\text{c}$ | $13.73 \pm 0.16\text{b}$ | $5.2 \pm 0.18\text{b}$ |
| 1.0 | $9.30 \pm 0.18\text{b}$ | $14.18 \pm 0.61\text{b}$ | $7.2 \pm 0.18\text{a}$ |
| 2.0 | $9.56 \pm 0.47\text{b}$ | $15.50 \pm 0.34\text{a}$ | $7.8 \pm 0.33\text{a}$ |
| 3.0 | $10.69 \pm 0.30\text{a}$ | $16.28 \pm 0.15\text{a}$ | $7.8 \pm 0.18\text{a}$ |

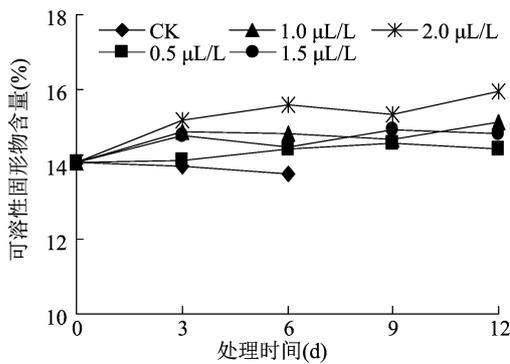


图3 采后 1-MCP 处理对 K9 小苹果可溶性固形物含量变化的影响

初始测定值,说明 1-MCP 对 K9 小苹果有较好的保鲜作用。整体来看,2.0 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理组的可溶性固形物含量最高,并显著高于其他处理;1.5 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 与 1.0 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理次之;0.5 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理最低,但组间差异不显著。

2.2.2 对硬度的影响 从图 4 可知,对照组的果实硬度在常温条件下随贮存时间的延长而迅速降低,品质下降较快;而 1-MCP 处理相较 CK 组能够有效保持 K9 小苹果的果实硬度,在处理前后 6 d,以 0.5 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理组的硬度最高,并显著高于其他处理,1.0~2.0 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理间差异不显著;处理 6~9 d 时,除 1.5 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理外,其他处理组硬度均有较大幅度下降,其中以 1.5 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理组保鲜效果最佳,果实硬度始终维持在较高水平并显著高于其他处理组;处理 12 d 时,各浓度处理之间的果实硬度已无明显差异,但均显著高于对照组。

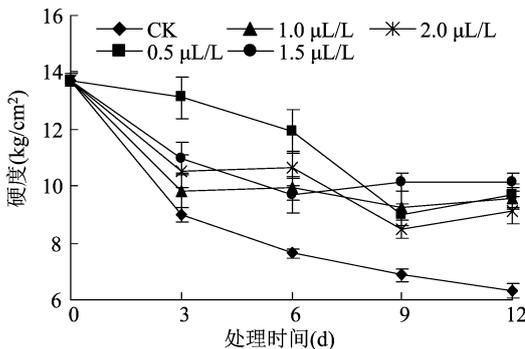


图4 采后 1-MCP 处理对 K9 小苹果硬度变化的影响

2.2.3 对失质量率的影响 采后的 K9 小苹果在贮存期间由于果实的蒸腾作用和呼吸作用,水分逐渐散失,导致失质量率增加,严重影响果实品质。从图 5 可知,在贮存期间,对照组的失质量率均处在较高水平,并显著高于 1-MCP 处理组;而不同浓度 1-MCP 处理均能明显抑制 K9 小苹果在贮存期间

的水分散失,在贮存至 6 d 以后作用效果最为明显,其中 1.0~2.0 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理组的保鲜效果最佳,组间无显著差异。

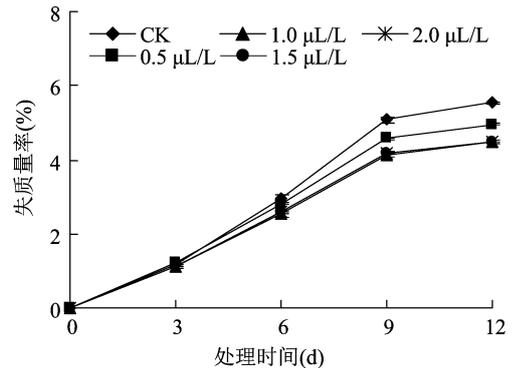


图5 采后 1-MCP 处理对 K9 小苹果失质量率变化的影响

2.2.4 对感官评价的影响 在贮存期间,每隔 3 d 对 K9 小苹果进行 1 次感官评价,在一定程度上可以反映出果实在贮存期间的品质变化情况,不同浓度 1-MCP 处理的 K9 小苹果外观品质随贮存时间的变化如图 6 所示。

从图 7 可以看出,在不进行任何保鲜处理的条件下,K9 小苹果的品质下降明显,风味口感有很大变化;从 6 d 开始,对照组果实色泽明显变暗,出现失水粉化,不建议鲜食,而处理组均能保持较好的口感风味;12 d 时,1.5 $\mu\text{L/L}$ 处理组效果最佳,是常温下较长时间贮存的最优选择。

3 讨论

1-MCP 在水果保果领域具有很大的研究价值与应用潜力,但目前国内几乎没有相关的研究报告,究其原因可能与其在气态下状态性质不稳定有关。1-MCP 气体分子极不稳定,半衰期短,且受温度影响较大^[17]。在常温敞开条件下,往往来不及与受体接触便已逸散失效,很难达到理想效果。因此,如何实现 1-MCP 的缓释成为了攻克难点的关键所在。近年来有研究^[18]表明 α -环糊精材料能够很好地将 1-MCP 气体分子包覆在其空腔中,并加工成便于喷雾使用的剂型,在使其理化性质保持相对稳定的同时达到缓释效果,能够在敞开环境下持续发挥作用,达到较理想的保果效果。但是,目前关于不同苹果品种采前保果的最佳使用浓度,国内外相关研究较少,因此尚不明确其在苹果上的最佳浓度范围,有待进一步研究。

1-MCP 在国内外果蔬的采后保鲜领域均有广泛的研究应用,是应用范围最广的一类乙烯抑制



左上: 原始未处理; 中上: 对照处理; 右上: 0.5 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理;
左下: 1.0 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理; 中下: 1.5 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理; 右下: 2.0 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理

图6 采后 1-MCP 处理对 K9 小苹果的室内保鲜效果

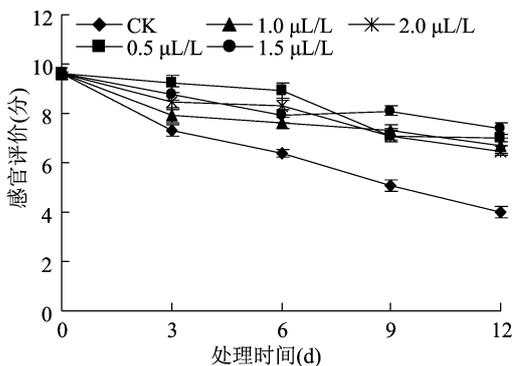


图7 采后 1-MCP 处理对 K9 小苹果感官评价的影响

剂,其保鲜效果受温度^[19]、品种特性^[20]、使用浓度^[21]、作用时间^[22]等影响较大。从国内外诸多研究报道^[23-29]来看,不同苹果品种的 1-MCP 应用在苹果保鲜上的使用浓度大多在 1.0 $\mu\text{L/L}$ 左右,处理时间为 24 h,比本研究结果的最佳处理浓度稍低。造成此差异的原因可能与 K9 小苹果极不耐贮的品种特性有关。目前针对不同浓度 1-MCP 处理对某种特定苹果品种最佳保鲜效果的研究较少,虽然 1.0 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理对大多数苹果品种均能表现出较好的保鲜效果,但针对某些具有特性的苹果品种筛选出最佳保鲜效果的 1-MCP 浓度依然很有必要。

4 结论

采前与采后使用相应浓度的 1-MCP 处理能够有效防止 K9 小苹果落果、延缓果实硬度下降,维持可溶性固形物含量,有效抑制水分散失,保持果实

品质,显著延长 K9 小苹果的商品货架期,以减少不必要的经济损失。

在 K9 小苹果采前保果试验中,1-MCP 防落果效果与使用浓度有很大关系,从研究结果看,落果率与使用浓度在一定范围内成负相关,浓度越高,落果率越低,防落果效果越显著。因此,在田间实际应用中要达到较好的防落果效果,喷施浓度可选用 3.0 $\mu\text{L/L}$ 。

在 K9 小苹果采后保鲜试验中,不同浓度的 1-MCP 保鲜效果受贮存时间影响较大。从试验结果看,6 d 是一个较为明显的临界时间线,在此之后果实品质迅速下降。因此,在常温条件下,短期(0~6 d)保鲜选用 0.5 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理即可达到较为理想的保鲜效果,长期(6 d 以上)保鲜应选用不低于 1.0 $\mu\text{L/L}$ 的 1-MCP 使用浓度。综合各方面因素考虑,1.5 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 为常温条件下长期贮存的最佳选择。

参考文献:

- [1] 杨晓华,程显敏,顾广军,等. K9 苹果引种表现及栽培技术要点[J]. 中国林副特产,2010(4):36-37.
- [2] Sisler E C, Serek M. Inhibitors of ethylene responses in plants at the receptor level: Recent developments [J]. Physiologia Plantarum, 1997, 100(3):577-582.
- [3] 陈明,陈金印. 1-甲基环丙烯在果品贮藏保鲜上的应用[J]. 食品与发酵工业,2004,30(3):132-136.
- [4] 王少敏. 1-甲基环丙烯对苹果采后生理影响的研究进展[J]. 山东农业科学,2009,41(6):54-57.
- [5] 朱金薇,冯江涛,延卫. 1-甲基环丙烯在苹果贮藏保鲜中的应

- 用研究进展[J]. 北方园艺,2010(20):195-198.
- [6]张雪丹,胥洪,孙山,等. 1-甲基环丙烯对红星苹果20℃室温贮藏品质的影响[J]. 北方农业学报,2020,48(1):112-117.
- [7]李鑫,张鹏,李江阔,等. 1-甲基环丙烯、纳他霉素处理对富士苹果贮后货架品质和风味的影响[J]. 食品与发酵工业,2016,42(9):241-250.
- [8]颜廷才,秦骅,张鹏,等. 1-甲基环丙烯结合 ξ -聚赖氨酸对贮后货架期富士苹果的品质及挥发性成分的影响[J]. 食品科学,2018,39(9):207-214.
- [9]彭贞贞,叶旗慧,徐晓艳,等. 1-甲基环丙烯处理对红富士苹果贮藏品质的影响[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版),2020,46(1):83-92.
- [10]郭丹,韩英群,魏鑫,等. 1-甲基环丙烯处理对金冠苹果冷藏期间果实软化的影响[J]. 江苏农业科学,2018,46(10):183-187.
- [11]魏宝东,冷俊颖,程顺昌,等. 1-甲基环丙烯及其结构类似物处理对寒富苹果贮藏品质的影响[J]. 食品科学,2012,33(12):281-284.
- [12]张佰清,姜海峰,魏宝东,等. 1-甲基环丙烯对岳冠苹果采后生理及抗氧化酶活性的影响[J]. 食品研究与开发,2016,37(5):137-141.
- [13]李建新,张晓宇,艾志录,等. 1-甲基环丙烯对花牛苹果中苹果多酚和绿原酸含量的影响[J]. 河南农业大学学报,2017,51(6):797-800.
- [14]王志华,王文辉,佟伟,等. 1-甲基环丙烯处理对“金红”苹果采后生理和常温贮藏品质的影响[J]. 北方园艺,2019(23):122-128.
- [15]肖子寒,邢世瑶,李青竹,等. 1-MCP处理对常温贮藏金红苹果生理及品质的影响[J]. 保鲜与加工,2019,19(6):51-57.
- [16]姜雪峰,毛娟,徐巨涛,等. 苹果品质评价模型的建立与验证[J]. 甘肃农业大学学报,2019,54(3):69-77.
- [17]Cameron A C, Reid M S. 1-MCP blocks ethylene-induced petal abscission of *Pelargonium peltatum* but the effect is transient[J]. Postharvest Biology and Technology,2001,22(2):169-177.
- [18]Guo X Y,Zhao R,Zhang J, et al. A microcapsule oil dispersion for the controlled release of 1-methylcyclopropene in an open environment[J]. RSC Advances,2019,9(41):23465-23473.
- [19]吕真真,刘慧,张春岭,等. 1-甲基环丙烯和不同贮藏温度对油桃果实硬度与细胞壁果胶的影响[J]. 食品工业科技,2021,42(7):317-323.
- [20]董晓庆,朱守亮, Lee J H, 等. 3个不同苹果品种果实品质及对1-MCP的吸附释放规律[J]. 果树学报,2015,32(2):291-297.
- [21]王艳聪,张鹏,李江阔,等. 1-MCP双重处理对富士苹果贮后货架品质、腐烂及防御酶活性的影响[J]. 食品工业科技,2020,41(3):277-284.
- [22]Kim K O, Yoo J, Lee J, et al. Effects of 1-methylcyclopropene (1-MCP) and polyethylene (PE) film liner treatments on the fruit quality of cold-stored ‘Gamhong’ apples [J]. Horticulture, Environment, and Biotechnology,2018,59(1):51-57.
- [23]Rupasinghe H P V, Murr D P, Paliyath G, et al. Inhibitory effect of 1-MCP on ripening and superficial scald development in ‘McIntosh’ and ‘Delicious’ apples [J]. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology,2000,75(3):271-276.
- [24]Rupasinghe H P V, Murr D P, DeEll J R, et al. Influence of 1-methylcyclopropene and natureseal on the quality of fresh-cut ‘Empire’ and ‘Crispin’ apples [J]. Journal of Food Quality,2005,28(3):289-307.
- [25]DeEll J R, Ehsani-Moghaddam B, Bowen A J, et al. Effects of 1-methylcyclopropene and controlled atmosphere storage on the quality of ‘Honeycrisp’ apples [J]. Acta Horticulturae,2015(1071):483-488.
- [26]DeEll J R, Ayres J T, Murr D P. 1-methylcyclopropene concentration and timing of postharvest application alters the ripening of ‘McIntosh’ apples during storage [J]. HortTechnology,2008,18(4):624-630.
- [27]王云香,张亚楠,曲桂芹,等. 1-MCP处理对苹果采后常温贮藏品质的影响[J]. 食品科学,2016,37(16):280-285.
- [28]李江阔,刘畅,张鹏,等. 低温条件下不同时期1-MCP处理对金冠苹果生理和品质的影响[J]. 食品科学,2015,36(18):220-224.
- [29]王晓飞,杨艳青,任小林,等. 1-MCP对‘粉红女士’苹果果实采后生理及其品质的影响[J]. 食品科学,2014,35(18):219-223.