

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.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.10.047

1-甲基环丙烯处理对金冠苹果冷藏期间果实软化的影响

郭 丹, 韩英群, 魏 鑫, 魏 潇, 王柏松, 郝 义, 张景娥

(辽宁省果树科学研究所, 辽宁营口 115009)

摘要:以金冠苹果为试验材料, 采用 0、0.5、1.0、2.0 $\mu\text{L/L}$ 1-甲基环丙烯(1-methylcyclopropene, 简称 1-MCP) 处理, 研究不同浓度 1-MCP 对金冠苹果冷藏期间果实硬度、呼吸强度、乙烯释放量、细胞壁组成成分及相关酶活性变化的影响。结果表明, 金冠苹果冷藏期间果实软化严重, 1-MCP 处理对抑制金冠苹果贮藏期间果实软化具有明显效果, 可以延缓果实硬度下降, 减缓细胞壁组成成分降解, 降低呼吸强度、乙烯释放量、细胞壁降解酶活性的峰值。呼吸作用与乙烯释放引起金冠苹果软化, 纤维素酶是导致软化的关键酶。

关键词: 1-MCP; 金冠苹果; 冷藏; 软化生理; 纤维素酶

中图分类号: TS255.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)10-0183-04

金冠苹果别称黄香蕉、黄元帅、金帅, 该品种丰产个大、肉质细密、品质优良, 深受人们的喜爱, 是我国 20 世纪 80 年代的主栽品种, 但其耐贮性差, 贮藏期果实软化严重、品质下降迅速, 近年来栽培面积逐渐缩小^[1-2]。1-甲基环丙烯(1-methylcyclopropene, 简称 1-MCP) 为乙烯受体抑制剂, 无毒、无残留、绿色高效, 广泛应用于园艺果品贮藏保鲜^[3-4], 对调控果蔬质地变化具有明显效果^[5], 可显著抑制苹果^[6]、梨^[7]、柿子^[8]、猕猴桃^[9]等果实的成熟软化。目前, 已有 1-MCP 对金冠苹果贮藏保鲜的应用研究, 但未见其对金冠苹果呼吸、细胞壁组成成分、细胞壁降解酶活性等方面的综合评价研究, 本试验采用不同浓度 1-MCP 对金冠苹果软化生理进行综合测定, 以期筛选出适宜、高效的 1-MCP 处理技术, 延缓金冠苹果贮藏期软化并应用于生产实践。

1 材料与方法

1.1 试验材料

本试验所用金冠苹果于 2016 年 9 月 29 日采自辽宁省果树科学研究所苹果示范园; 1-MCP 缓释剂(有效浓度为 1 $\mu\text{L/L}$) 购自陕西省咸阳西秦生物科技有限公司。试验地点为辽宁省果树科学研究所。

1.2 仪器与设备

GL-16G-II 型离心机, 购自上海安亭科学仪器厂; UV-2550 型紫外可见分光光度计, 购自岛津国际贸易(上海)有限公司; ME204E 型分析天平, 购自瑞士梅特勒-托利多仪器(中国)有限公司; Milli-Q 超纯水系统, 购自默克化工

技术(上海)有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 试验设计与处理 选取树冠中部靠外围无病虫害、无机械损伤、大小均匀、着色程度一致、八九成成熟的果实, 装入内衬厚 0.04 mm 聚乙烯保鲜膜的塑料箱中备用。试验共设 4 个处理, 于室温(20~25 $^{\circ}\text{C}$) 下分别用 0.5、1.0、2.0 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 密闭熏蒸 18~24 h, 以密闭不加 1-MCP 为对照(CK), 每个处理约 300 个苹果。处理后于(0 \pm 0.5) $^{\circ}\text{C}$ 敞口预冷 24 h, 于(0 \pm 0.5) $^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度为 90%~95% 的冷库内贮藏。15 d 测定 1 次, 每次随机取 10 个苹果于实验室内进行相关指标分析测定, 所有测定均重复 3 次。

1.3.2 测定项目及方法

1.3.2.1 硬度 采用 53205 型意大利数显果实硬度计测定, 探头直径为 8 mm。

1.3.2.2 呼吸强度 选取 6~8 个苹果装入保鲜盒内, 采用 G100 型二氧化碳培养箱分析仪测定, 参考曹建康等的方法^[10]。

1.3.2.3 乙烯释放量 采用美国 Varian CP-3800 气相色谱仪测定, 参考程顺昌等的方法^[11]。

1.3.2.4 可溶性果胶和原果胶含量 采用咔唑比色法^[10]测定。

1.3.2.5 纤维素含量 采用比色法进行测定, 参考王鸿飞等的方法^[12]。

1.3.2.6 多聚半乳糖醛酸酶(polygalacturonase, 简称 PG) 采用比色法^[10]测定, 以 1 h 内 1 g 果蔬组织样品在 37 $^{\circ}\text{C}$ 催化多聚半乳糖醛酸水解形成半乳糖醛酸的质量表示。

1.3.2.7 果胶甲酯酶(pectinesterase, 简称 PME) 参考索标的方法^[13], 以 1 min 内 1 g 果蔬组织样品在 620 nm 处吸光度变化 0.01 为 1 个活力单位。

1.3.2.8 纤维素酶(cellulase, 简称 Cx) 采用比色法^[10]测定, 以 1 h 内 1 g 果蔬组织样品在 37 $^{\circ}\text{C}$ 催化羧甲基纤维素水解形成还原糖的质量表示。

收稿日期: 2017-10-13

基金项目: 辽宁省自然科学基金(编号: 2015020808); 辽宁省科技攻关项目(编号: 2011204001)。

作者简介: 郭 丹(1984—), 女, 辽宁鞍山人, 硕士, 助理研究员, 主要从事果品贮藏保鲜研究。E-mail: guodan0407@163.com。

通信作者: 张景娥, 研究员, 主要从事苹果生理研究及科研管理工作。E-mail: zje72@163.com。

1.3.2.9 β -葡萄糖苷酶(β -glucosidase) 采用水杨苷水解法^[10]测定。

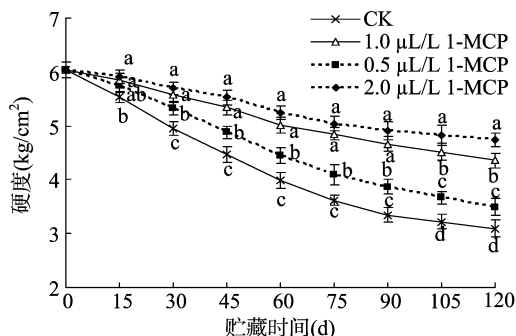
1.4 数据与分析

试验数据采用 Excel 进行统计分析与绘图,采用 DPS 7.05 软件进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 1-MCP 处理对金冠苹果果实硬度的影响

由图 1 可知,各处理金冠苹果冷藏期间果实硬度不断降低,1-MCP 处理可以延缓果实硬度下降,其浓度越大,效果越明显。冷藏 15 d 时,2.0 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 与 1.0 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理之间果实硬度差异不显著,但两者均显著高于对照($P < 0.05$),与 0.5 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理差异均不显著;冷藏 30~90 d 时,2.0 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 与 1.0 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理之间果实硬度差异不显著,但显著高于 0.5 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理和对照,后 2 个处理之间的差异达显著水平($P < 0.05$);冷藏 105~120 d 时,各处理之间果实硬度差异达显著水平



同一时间不同处理之间标有不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$),下同

图1 1-MCP 处理对金冠苹果果实硬度的影响

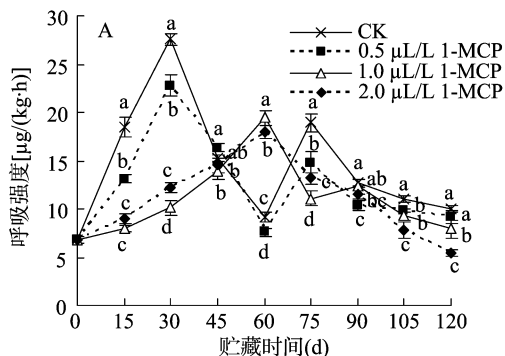


图2 1-MCP 处理对金冠苹果果实呼吸强度(A)、乙烯释放量(B)的影响

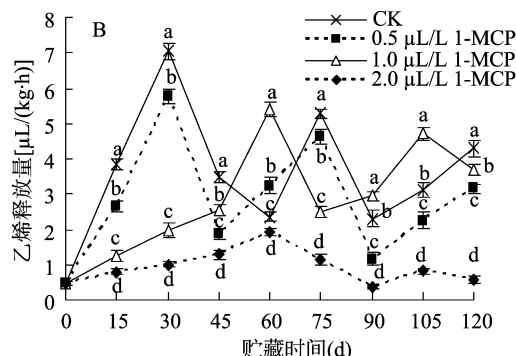
($P < 0.05$)。冷藏 120 d 时,CK 与各浓度 1-MCP 处理果实的硬度分别为采收时的 48.8%、57.8%、72.2%、78.5%。

2.2 1-MCP 处理对金冠苹果果实呼吸强度及乙烯释放量的影响

2.2.1 1-MCP 处理对金冠苹果果实呼吸强度的影响 由图 2-A 可知,各处理果实采收后均出现呼吸强度高峰,对照和 0.5 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理果实分别于冷藏 30、75 d 出现 2 次呼吸强度高峰,第 1 次峰值高于第 2 次,对照呼吸强度高峰值高于 0.5 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理,1.0、2.0 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理果实的呼吸强度高峰出现于冷藏 60 d,峰值比前者低。冷藏 120 d 时,对照与 0.5 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理果实呼吸强度差异不显著,但两者均显著高于 1.0、2.0 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理,1.0 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理果实的呼吸强度显著高于 2.0 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理($P < 0.05$)。低浓度的 1-MCP(0.5 $\mu\text{L/L}$)降低了金冠果实呼吸强度,但未改变其变化规律,高浓度的 1-MCP(1.0、2.0 $\mu\text{L/L}$)明显降低了果实呼吸强度,且延缓了果实呼吸高峰的出现。

2.2.2 1-MCP 处理对金冠苹果果实乙烯释放量的影响

由图 2-B 可知,各处理果实冷藏期间均出现 2 次乙烯释放高峰,第 2 次峰值均低于第 1 次。对照、0.5 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理果实均于冷藏 30 d 时出现第 1 次乙烯释放高峰,峰值分别为 7.05、5.77 $\mu\text{L}/(\text{kg} \cdot \text{h})$,75 d 时均出现第 2 次乙烯释放高峰,峰值分别为 5.29、4.62 $\mu\text{L}/(\text{kg} \cdot \text{h})$,1.0、2.0 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理果实有着相同的乙烯变化规律,二者乙烯释放高峰分别出现于冷藏 60、105 d。1-MCP 处理可以降低金冠苹果乙烯释放量,高浓度的 1-MCP(1.0、2.0 $\mu\text{L/L}$)处理推迟乙烯释放高峰的出现,2.0 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理果实冷藏期间乙烯释放量显著低于其他处理,各处理间差异达显著水平($P < 0.05$)。



2.3 1-MCP 处理对金冠苹果细胞壁组成成分的影响

2.3.1 1-MCP 处理对金冠苹果果实可溶性果胶含量的影响

由图 3-A 可知,金冠苹果采收时可溶性果胶含量很低,为 0.002%,冷藏期间各处理果实可溶性果胶含量不断升高,冷藏至 120 d 时,0(对照)、0.5、1.0、2.0 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理果实可溶性果胶的含量分别升至 0.072%、0.064%、0.041%、0.029%,各处理之间的差异均达显著水平($P < 0.05$)。可见 1-MCP 抑制金冠苹果可溶性果胶的分解生成,浓度越大效果越明显。

2.3.2 1-MCP 处理对金冠苹果果实原果胶含量的影响

由图 3-B 可知,各处理金冠苹果冷藏期间原果胶分解为可

溶性果胶,含量不断降低。冷藏 120 d 时,0(对照)、0.5、1.0、2.0 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理果实原果胶含量与采收时相比的降幅分别为 92%、89%、79%、75%,各处理原果胶含量差异达显著水平($P < 0.05$)。可见 1-MCP 处理可以抑制原果胶的分解,浓度越大,效果越明显。

2.3.3 1-MCP 处理对金冠苹果果实纤维素含量的影响

由图 3-C 可知,金冠苹果采收时纤维素含量为 0.11%,冷藏期间纤维素不断分解,各处理果实冷藏 120 d 时,0(对照)、0.5、1.0、2.0 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理纤维素含量分别降为 0.013%、0.017%、0.028%、0.031%,与采收时相比降幅分别为 88.4%、84.9%、74.5%、71.8%,1-MCP 处理可以抑制金

冠苹果纤维素的分解,其中,1.0、2.0 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理之间差异不显著,但两者显著高于对照与 0.5 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理,而对照与 0.5 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理间差异显著($P < 0.05$)。

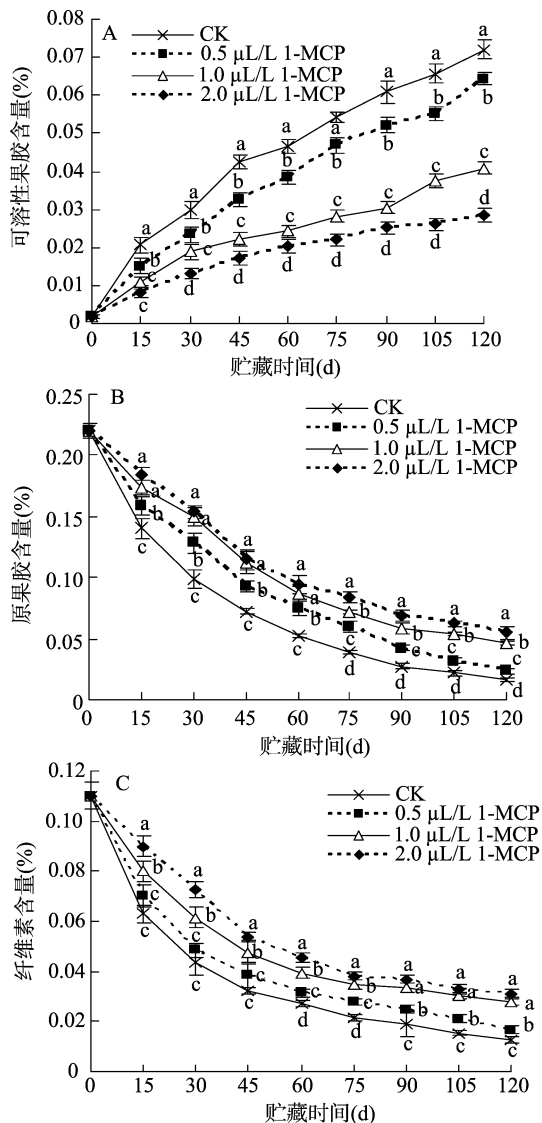


图3 1-MCP 处理对金冠苹果果实可溶性果胶含量(A)、原果胶含量(B)、纤维素含量(C)的影响

2.4 1-MCP 处理对金冠苹果果实细胞壁降解酶活性的影响

2.4.1 1-MCP 处理对金冠苹果果实 PG 活性的影响 由图 4-A 可知,各处理金冠苹果冷藏期间 PG 活性出现 2 次高峰,分别在冷藏 45、90 d,第 2 次活性峰值高于第 1 次。整体上看,1-MCP 浓度越高 PG 活性受抑制越明显。在 2 次 PG 活性高峰时,对照果实的 PG 活性显著高于 3 个处理,各处理之间差异显著($P < 0.05$)。冷藏 120 d 时,对照和 0.5 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理果实的 PG 活性升高,而 1.0、2.0 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理果实的 PG 活性下降,0(对照)、0.5、1.0、2.0 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理的 PG 活性分别为 896、614、175、32 $\mu\text{g}/(\text{h} \cdot \text{g})$,各处理之间的 PG 活性差异显著($P < 0.05$)。

2.4.2 1-MCP 处理对金冠苹果果实 PME 活性的影响 由图 4-B 可知,金冠苹果冷藏期间 PME 活性出现 2 次高峰,对

照和 0.5 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理果实分别于 45、90 d 出现 2 次活性高峰,冷藏 120 d 时 PME 活性仍呈升高趋势;1.0、2.0 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理果实分别于冷藏 75、105 d 出现 2 次活性高峰。对照果实的 PME 活性峰值较高,1-MCP 处理可以抑制 PME 活性,高浓度处理(1.0、2.0 $\mu\text{L/L}$)推迟 PME 活性高峰的出现,2.0 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 的处理效果较明显,冷藏 120 d 时,对照果实的 PME 活性显著高于 0.5、1.0、2.0 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理,且各处理之间差异显著($P < 0.05$)。

2.4.3 1-MCP 处理对金冠苹果果实 Cx 活性的影响 由图 4-C 可知,金冠苹果冷藏期间 Cx 活性不断变化,对照果实分别于冷藏 30、60 d 出现 2 次活性高峰,峰值分别为 301、615 $\mu\text{g}/(\text{h} \cdot \text{g})$,冷藏 120 d 时升至 412 $\mu\text{g}/(\text{h} \cdot \text{g})$;0.5 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理果实分别于冷藏 30、75 d 出现 2 次活性高峰,峰值分别为 238、494 $\mu\text{g}/(\text{h} \cdot \text{g})$,冷藏 120 d 时升至 291 $\mu\text{g}/(\text{h} \cdot \text{g})$;1.0、2.0 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理分别于冷藏 45、90 d 出现 2 次活性高峰,峰值分别为 174、137、328、175 $\mu\text{g}/(\text{h} \cdot \text{g})$,冷藏 120 d 时分别升至 235、132 $\mu\text{g}/(\text{h} \cdot \text{g})$ 。冷藏 120 d 时,对照果实的 Cx 活性显著高于 0.5、1.0、2.0 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理,且各处理之间差异显著($P < 0.05$)。说明 1-MCP 处理可以抑制果实 Cx 活性,并推迟活性高峰的出现。

2.4.4 1-MCP 处理对金冠苹果果实 β -葡萄糖苷酶活性的影响 由图 4-D 可知,各处理金冠苹果冷藏期间 β -葡萄糖苷酶活性出现 2 次高峰,对照果实分别于冷藏 45、90 d 出现 2 次 β -葡萄糖苷酶活性高峰,峰值分别为 1 810、2 900 $\mu\text{g}/(\text{h} \cdot \text{g})$,0.5、1.0、2.0 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP 处理果实第 1 次 β -葡萄糖苷酶活性高峰出现在冷藏 60 d,峰值分别为 1 795、1 462、1 335 $\mu\text{g}/(\text{h} \cdot \text{g})$,三者第 2 次活性高峰均出现在冷藏 105 d,峰值分别为 2 405、1 920、1 765 $\mu\text{g}/(\text{h} \cdot \text{g})$,冷藏 120 d 时各处理的 β -葡萄糖苷酶活性分别降为 1 972、1 595、1 181、941 $\mu\text{g}/(\text{h} \cdot \text{g})$,且各处理之间的 β -葡萄糖苷酶活性差异显著($P < 0.05$)。可见 1-MCP 处理可以推迟 β -葡萄糖苷酶活性高峰的出现并降低其活性。

3 讨论与结论

软化是果实成熟与衰老的典型特征,是限制果实长期贮藏的关键因素,其间经历细胞壁的降解、内容物的变化、呼吸速率变化等一系列生理生化变化^[14]。其中,呼吸作用是果实采收后新陈代谢的主导,在果实采收后品质生理变化、贮藏寿命、病原微生物侵染、商品化处理等方面具有重要意义^[15],乙烯是一种成熟衰老激素,是调节果实成熟衰老的关键因子,在果实采收后成熟与软化过程中起着重要的调控作用^[16-17]。本试验中,金冠苹果是呼吸跃变型果实,乙烯释放与呼吸强度变化趋势相同,金冠苹果冷藏期间出现 2 次呼吸强度高峰和乙烯释放高峰,低浓度 1-MCP(0.5 $\mu\text{L/L}$)处理可以降低其峰值,高浓度 1-MCP(1.0、2.0 $\mu\text{L/L}$)处理可以使峰值降低且延缓二者高峰的出现,这与孙希生等对金冠苹果呼吸强度的研究结果^[18]一致,呼吸和乙烯释放高峰后出现细胞壁降解酶活性高峰,说明呼吸强度与乙烯释放引起果实软化,这与刘超超等的研究结果^[19]类似。

1-MCP 既能阻断内源乙烯的生理效应,抑制外源乙烯

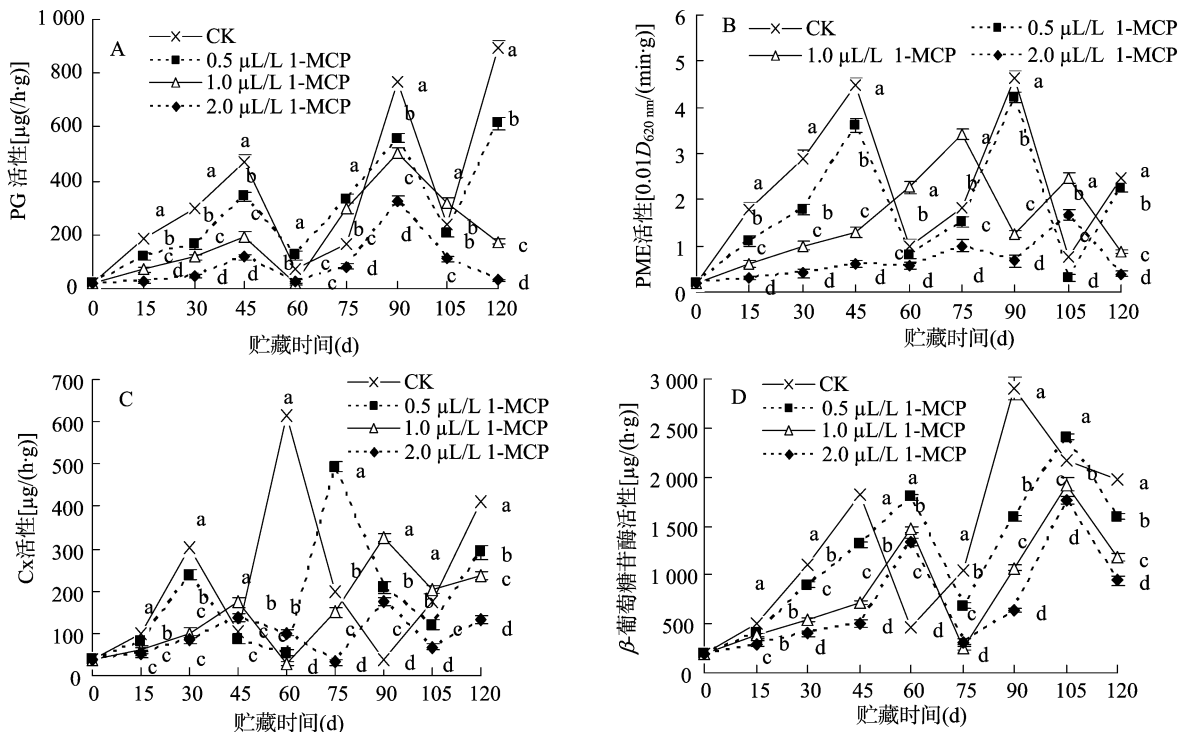


图4 1-MCP处理对金冠苹果果实 PG 活性(A)、PME 活性(B)、Cx 活性(C)、β-葡萄糖苷酶活性(D)的影响

对内源乙烯的诱导作用,进而抑制乙烯所诱导的与成熟衰老相关的生理生化反应^[20]。本试验中,金冠苹果冷藏期间软化严重,1-MCP处理可以延缓果实可溶性果胶、纤维素的生成和原果胶的分解,抑制细胞壁降解,从而延缓果实软化^[21]。PG、PME、Cx、β-葡萄糖苷酶等细胞壁降解酶冷藏期间均出现活性峰值,1-MCP处理降低各种酶活性,高浓度的1-MCP处理可以推迟各种酶活性高峰的到来,这与魏建梅等的研究结果^[22]一致。除Cx活性高峰与呼吸强度高峰、乙烯释放高峰同时出现,其余细胞壁降解酶活性高峰均出现得较晚,说明Cx在金冠苹果软化中起关键作用。

综上所述,金冠苹果冷藏期间果实硬度不断降低,细胞壁水解酶活性不断变化,细胞壁组成成分不断降解,果实软化严重。1-MCP处理可以延缓果实硬度下降及果实可溶性果胶、纤维素的生成及原果胶的分解,降低呼吸强度和乙烯释放的峰值,降低PG、PME、Cx、β-葡萄糖苷酶的活性,高浓度的1-MCP(1.0、2.0 μL/L)处理可以推迟各指标高峰的到来。呼吸作用与乙烯释放引起金冠苹果果实软化,Cx是导致金冠苹果软化的关键酶。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 冯学梅,王春良,梁玉文,等. 壳聚糖涂膜对金冠苹果保鲜效果研究[J]. 宁夏农林科技,2011,52(12): 115-116,118.
- [3] 赵江涛,颜志伟,宋宏峰. 1-MCP在园艺作物贮藏保鲜上的应用[J]. 江苏农业科学,2006(2): 131-134.
- [4] 赵君. 1-甲基环丙烯在苹果贮藏保鲜上的应用研究进展[J].

- 安徽农学通报,2013,19(14): 121-122,139.
- [5] 李志文,张平,刘翔,等. 1-甲基环丙烯调控采后果蔬质地变化研究进展[J]. 食品安全质量检测学报,2013,4(6): 1671-1677.
- [6] 张锋,张莹莹,龚新明,等. 1-MCP延缓采后苹果果实后熟软化的生化机制[J]. 河北农业大学学报,2011,34(4): 54-59.
- [7] 杨艳萍,李学文,苏文贵,等. 1-MCP对库尔勒香梨采后果实软化的影响[J]. 新疆农业科学,2013,50(3): 460-465.
- [8] 张鹏,陈绍慧,李江阔,等. 1-MCP对‘磨盘柿’采后成熟软化的调控效应[J]. 果树学报,2012,29(3): 409-415.
- [9] 曾照旭,朴一龙,金东淳,等. 1-甲基环丙烯处理对软枣猕猴桃果实软化的影响[J]. 北方园艺,2014(1): 123-126.
- [10] 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: 84-101.
- [11] 程顺昌,冷俊颖,任小林,等. 不同环丙烯类乙烯抑制剂对苹果常温贮藏保鲜效果的影响[J]. 农业工程学报,2012,28(6): 269-273.
- [12] 王鸿飞,邵兴锋. 果品蔬菜贮藏与加工实验指导[M]. 北京:科学出版社,2012: 54-59.
- [13] 索标. 桃果实软化过程中细胞壁多糖降解特性的研究[D]. 扬州:扬州大学,2006.
- [14] 朱明月,沈文涛,周鹏. 果实成熟软化机理研究进展[J]. 分子植物育种,2005,3(3): 421-426.
- [15] 潘永贵,谢江辉. 现代果蔬采后生理[M]. 北京:化工工业出版社,2009: 21-38.
- [16] Ireland H S, Gunaseelan K, Muddumage R, et al. Ethylene regulates apple (*Malus × domestica*) fruit softening through a dose × time-dependent mechanism and through differential sensitivities and dependencies of cell wall-modifying genes[J]. Plant Physiologists, 2014, 55(5): 1005-1016.

翁 梁,李西腾. 白茅根总黄酮提取工艺及其抗氧化性研究[J]. 江苏农业科学,2018,46(10):187-189.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.10.048

白茅根总黄酮提取工艺及其抗氧化性研究

翁 梁,李西腾

(江苏食品药品职业技术学院食品学院,江苏淮安 223003)

摘要:以白茅根为原料,采用乙醇浸提法,考察不同料液比、乙醇浓度、提取温度、提取时间对白茅根总黄酮提取效果的影响。通过对清除 1,1-二苯基-2-三硝基苯肼(DPPH)自由基、总还原力进行测定,研究白茅根总黄酮的体外抗氧化作用,并与 2,6-二叔丁基-4-甲基苯酚(BHT)、维生素 C 的抗氧化作用进行比较。结果表明,白茅根总黄酮最佳提取工艺条件:料液比为 1 g:40 mL,乙醇浓度为 80%,提取温度为 80℃,提取时间为 150 min。白茅根总黄酮对 DPPH 自由基的清除率和还原能力明显小于相同浓度的维生素 C,略高于相同浓度的 BHT,说明它具有一定的抗氧化作用。

关键词:白茅根;总黄酮;抗氧化活性;提取工艺;还原能力

中图分类号:R284 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2018)10-0187-03

白茅根为禾本科植物白茅[*Imperata cylindrica* Beauv. var. *major*(Nees) C. E. Hubb.]的根茎,又称白花茅根、茅草根、甜草根等^[1],是我国传统的中药材。白茅根性甘、味寒,有凉血止血、清热利尿之功效,临床可用于治疗热病烦渴、血淋、水肿、黄疸等症^[2-3]。近几年的研究显示,白茅根的主要化学成分有三萜类化合物、有机酸、多糖、黄酮类物质等^[4]。药理研究的结果表明,白茅根具有调节免疫力、抗肿瘤、抗氧化、抗菌、抗炎、降血糖、降血脂等作用^[5]。

目前,国内对白茅根活性成分提取工艺的研究多集中在多糖的提取,并做了大量系统的研究^[6]。还有科技工作者对白茅根的绿原酸、总酚酸和总三萜物质的提取进行了研究^[7-8],但有关白茅根中总黄酮的提取工艺及其抗氧化活性的研究尚未见报道。因此,本试验采用乙醇溶液作为浸提剂,用水浴浸提法提取白茅根中的总黄酮,并对白茅根总黄酮体外抗氧化活性进行初步研究。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

白茅根,购自安徽省亳州市志民药业有限公司。芦丁,购自上海恒远生化试剂有限公司。无水乙醇、氢氧化钠、亚硝酸

钠、硝酸铝、铁氰化钾、三氯乙酸、氯化铁、1,1-二苯基-2-苦基肼(DPPH)、维生素 C 等均为分析纯,2,6-二叔丁基-4-甲基苯酚(BHT)为食品级,均购自江苏省淮安国药化学试剂有限公司。

粉碎机,购自上海隆拓仪器设备有限公司;UV765-可见分光光度计,购自上海精密科学仪器有限公司;电子精密天平,购自奥豪斯仪器(上海)有限公司;恒温水浴锅,购自上海乔跃电子有限公司;电热恒温鼓风干燥箱,购自上海精宏实验设备有限公司。

1.2 试验方法

1.2.1 标准曲线的绘制 参照文献[9]绘制标准曲线。准确称取 5 g 芦丁标准品置于 20 mL 容量瓶中,用 60% 乙醇溶液溶解并定容,分别吸取 0、0.02、0.04、0.06、0.08、0.10、0.12 mL 置于 10 mL 比色管中,加入 0.3 mL 5% 亚硝酸钠溶液,放置 6 min,再加入 0.3 mL 10% 硝酸铝钠溶液,放置 6 min 后加入 4.0 mL 5% 氢氧化钠溶液,加水至刻度线,摇匀,放置 15 min,在 510 nm 处测吸光度,以芦丁浓度(C)为横坐标、吸光度(D)为纵坐标绘制标准曲线。得回归方程 $D = 0.3096C + 0.0058$, $r^2 = 0.9991$,表明在 0~0.12 mg/mL 范围内,芸香苷浓度与吸光度具有线性关系。标准曲线如图 1 所示。

1.2.2 白茅根总黄酮提取方法 将白茅根于 60℃ 烘干,粉碎过 60 目筛。准确称取 1.0 g 粉末样品,加入乙醇溶液,置于水浴锅中提取,提取 3 次,合并提取液。按标准曲线绘制方法显色后,在 510 nm 波长处测量样品溶液的吸光度。

收稿日期:2016-12-06

基金项目:江苏省淮安市食品技术研究院基金项目(编号:HAP201301)。

作者简介:翁 梁(1982—),男,硕士,讲师,主要从事生物活性物质与功能食品等方面的研究。E-mail:wjwengliang@126.com。

[17] Gwanpua S G, van Buggenhout S, Verlinden B E, et al. Pectin modifications and the role of pectin-degrading enzymes during postharvest softening of Jonagold apples[J]. Food Chemistry, 2014, 158(158):283-291.

[18] 孙希生,王志华,辛 广,等. 不同处理条件下 1-MCP 对金冠苹果呼吸强度和品质的影响[J]. 果树学报,2004,21(2):141-144.

[19] 刘超超,魏景利,徐玉亭,等. 苹果 3 个早熟品种果实发育后期

硬度及其相关生理指标的初步研究[J]. 园艺学报,2011,38(1):133-138.

[20] 李军萍,徐峥嵘,师进霖. 1-甲基环丙烯对洋桔梗切花的保鲜效应[J]. 江苏农业科学,2013,41(3):212-214.

[21] 张鹏龙,陈复生,杨宏顺,等. 果实成熟软化过程中细胞壁降解研究进展[J]. 食品科技,2010,35(11):62-66.

[22] 魏建梅,马锋旺. 苹果果实 β -Gal 和 LOX 活性变化特性及其与果实软化的关系[J]. 园艺学报,2009,36(5):631-638.