

1-甲基环丙烯处理对冷藏红星苹果蜡质中酚类含量及其抗氧化活性的影响

邵建萍, 张元湖*, 梁雅芹, 张士刚

(山东农业大学生命科学学院, 作物生物学国家重点实验室, 山东泰安 271018)

摘要: 以‘红星’苹果为试材, 研究了 1-甲基环丙烯 (1-MCP) 和二苯胺 (DPA) 处理对冷藏苹果果实蜡质中酚类物质及抗氧化活性的影响。结果表明: 冷藏期间所有苹果蜡质中总酚和类黄酮含量均呈现先升高后降低的变化趋势。1 $\mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$ 1-MCP 和 2 $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ DPA 处理提高了蜡质中的总酚和类黄酮含量。各处理苹果蜡质的甲醇提取物能有效清除 DPPH 自由基和 ABTS⁺ 自由基。酚类物质含量与抗氧化活性之间显著正相关。

关键词: 苹果; 1-甲基环丙烯; 二苯胺; 蜡质; 酚类物质; 抗氧化

中图分类号: S 661.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 0513-353X (2008) 08-1189-04

The Effects of 1-MCP Treatments on Phenolic Compounds and Antioxidant Activity of Epicuticular Wax of ‘Starking’ Apples During Cold Storage

SHAO Jian-ping, ZHANG Yuan-hu*, LIANG Ya-qin, and ZHANG Shi-gang

(State Key Laboratory of Crop Biology, College of Life Science, Shandong Agricultural University, Tai'an, Shandong 271018, China)

Abstract: The effects of 1-MCP and DPA treatments on polyphenols, antioxidant activity of epicuticular wax of apple were studied. Total phenolic compounds and flavonoids in all samples increased first and then decreased during the cold storage. 1 $\mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$ 1-MCP and 2 $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ DPA treatments increased total phenolic compounds, flavonoids content, and DPPH[·] and ABTS⁺ radical scavenging activity in wax. Antioxidant activity was remarked positive correlated with polyphenols.

Key words: apple; 1-MCP; DPA; wax; polyphenols; antioxidant activity

1-甲基环丙烯 (1-methylcyclopropene, 1-MCP) 作为乙烯作用抑制剂在苹果 (Saftner et al., 2004; 王瑞庆 等, 2005)、梨 (王文辉 等, 2004)、鳄梨 (Jeong et al., 2002)、杏 (Botondi et al., 2003)、油桃 (马书尚 等, 2003)、草莓 (Jiang et al., 2001)、荔枝 (胡位荣 等, 2006)、香蕉 (Pathak et al., 2003) 等园艺产品上均发现能够显著降低乙烯释放量和呼吸速率, 还能降低苹果中 α -法尼烯及其氧化产物的含量并有效控制虎皮病的发生 (Fan et al., 1999; Golding et al., 1999; Mitcham et al., 2002; Apollo Arquiza, 2005)。

DPA (Diphenylamine, 二苯胺) 是一种传统用于防治虎皮病发生的人工合成抗氧化剂。众多研究表明, DPA 可以抑制 α -法尼烯的氧化, 减少共轭三烯 (CTs) 的产生 (Smock, 1957; Huelin & Coggiola, 1970; Little et al., 1985)。但由于 DPA 的安全性问题, 1-MCP 有可能成为 DPA 的替代品而用于防治虎皮病的发生。

蜡质是覆盖在苹果表面对外界的天然屏障。近年来的研究表明, 酚类物质具有抗氧化, 清除自由

收稿日期: 2008-02-01; 修回日期: 2008-05-28

基金项目: 山东省自然科学基金项目

* 通讯作者 Author for correspondence (E-mail: yyhzhang@sdau.edu.cn)

基等作用, 研究发现, 1-MCP 处理的 ‘Granny Smith’ 苹果果皮水溶性和脂溶性提取物的抗氧化能力高于对照 (Shaham et al., 2003), 但是否影响酚类物质, 尤其蜡质层中酚类物质和抗氧化活性报道较少 (李玲玲 等, 2007)。本研究旨在研究 1-MCP 和 DPA 处理对红星苹果果实蜡质中酚类物质及抗氧化活性的影响, 为进一步探讨 1-MCP 和 DPA 防治虎皮病的机理提供依据。

1 材料与方法

供试苹果品种为 ‘红星’, 购自泰安郊区果品市场, 果实均为当天采收。

将苹果分成 3 份, 每份 300 个。其中一份为对照; 另一份用 $2 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 DPA 浸泡处理 30 s; 另一份用 $1 \mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 1-MCP (罗门哈斯公司产品) 处理, 称取所需 0.14% 1-MCP 粉剂的量, 将待处理的苹果放入密封的塑料桶, 把装有 1-MCP 粉剂的小烧杯放入桶中, 用移液枪加入 5 mL 去离子水后立即密封, 在室温下放置 12 h, 然后取出苹果。两处理及对照均设 3 个重复。所有样品均放入果箱, 于 0°C 冷藏贮存。每 2 周取 1 次样, 各重复每次随机取 15 个果实。按胡小松等 (2004) 的方法, 用单面刀片轻轻刮下整个果面的蜡质, 混匀, 液氮研磨后 -80°C 中保存备用。

取 0.1 g 蜡质加 10 mL 60% 甲醇于 55°C 水浴提取 3 h, 冷却后减压过滤, 定容至 25 mL 容量瓶中, 即为总酚提取液。分别测定多酚 (鞠志国, 1989)、类黄酮 (孙希云 等, 2004) 含量以及清除 DPPH (二苯代苦味肼基) 自由基 (Fabio et al., 2004; Zhou & Yu, 2004) 和 ABTS⁺ [2, 2'-连氮基-双(3-乙基并二氢噻唑-6-磺酸)二铵盐] 自由基 (Nikolaos et al., 2004) 的能力。清除 DPPH 自由基的能力用清除率表示, 清除 ABTS⁺ 自由基的能力用 Trolox (6-hydroxy-2, 5, 7, 8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid) 的浓度表示, 即相当于多大浓度的 Trolox 清除能力 (Trolox 为一种类似于维生素 E 的水溶性物质, 可清除 ABTS⁺ 自由基)。

2 结果与分析

2.1 1-MCP 和 DPA 处理对果实蜡质中酚类物质的影响

由图 1 可以看出, 果实蜡质总酚和黄酮含量在贮藏的前 4 周逐渐增加, 随后逐渐下降。1-MCP 和 DPA 处理显著提高了果实蜡质中总酚和类黄酮含量。贮至第 4 周时两处理总酚含量分别比同期对照高 32.5% 和 11.2%; 类黄酮含量分别比对照高 19.7% 和 8.0%。在贮至第 8 周时, 1-MCP 和 DPA 处理的果实蜡质总酚含量分别比同期对照高 21.8% 和 8.5%, 类黄酮的含量分别高出 28.9% 和 13.0%。

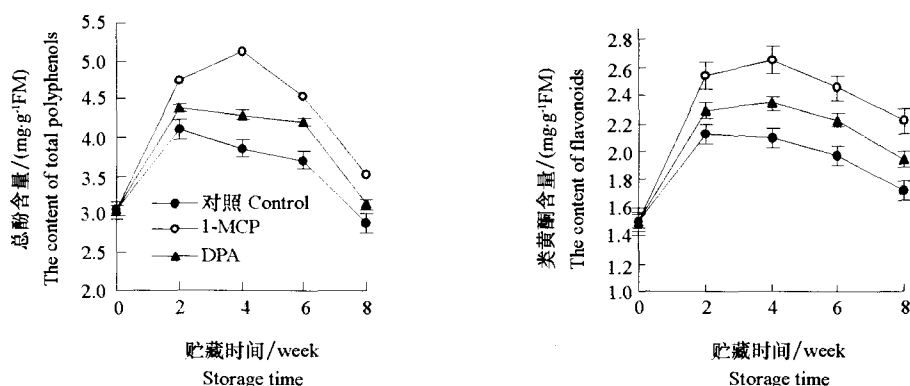


图 1 1-MCP 和 DPA 处理对总酚和类黄酮的影响

Fig. 1 The effect of 1-MCP and DPA treatment on total polyphenols and flavonoids

2.2 1-MCP 和 DPA 处理对果实蜡质甲醇提取物清除自由基能力的影响

由图 2 可知, 1-MCP 和 DPA 处理果实蜡质的甲醇提取物与对照相比, 有更高的清除 DPPH 自由基和 ABTS⁺ 自由基的能力。所有样品清除 DPPH 自由基和 ABTS⁺ 自由基的能力都是先升高再降低, 到第 4 周时清除能力达到最大值, 此时 1-MCP 和 DPA 处理样品对 DPPH 自由基的清除能力分别比同时期对照高出 15.8% 和 5.8%, 而对 ABTS⁺ 自由基的清除能力分别比同时期对照高出 27.1% 和 9.1%。第 4 周以后所有样品清除自由基的能力开始下降。1-MCP 和 DPA 处理样品清除 DPPH 自由基和 ABTS⁺ 自由基的能力在第 8 周时分别比对照高出 10.4%、3.2% 和 21.9%、15.9%。

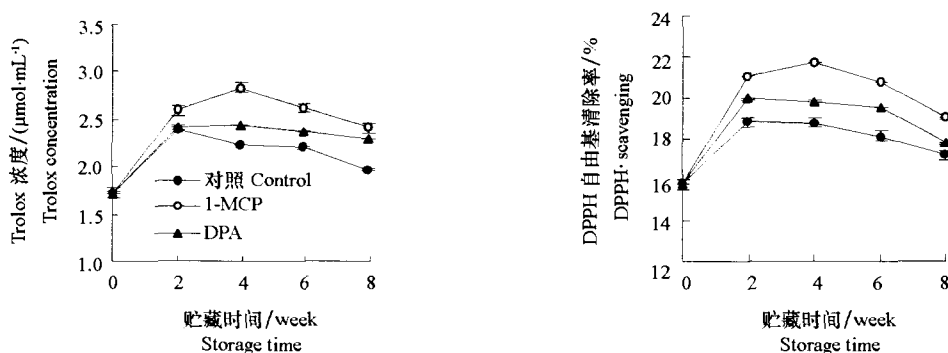


图 2 1-MCP 和 DPA 处理对抗氧化活性的影响

Fig. 2 The effect of 1-MCP and DPA treatment on antioxidant activity

2.3 酚类物质与抗氧化活性的相关性分析

相关性分析表明, 总酚含量和清除 DPPH 自由基之间的相关性系数为 0.954, 与清除 ABTS⁺ 自由基之间的相关性系数为 0.961; 类黄酮含量与清除 DPPH 自由基之间的相关性系数为 0.971, 与清除 ABTS⁺ 自由基之间的相关性系数为 0.968, 均在 0.01 水平显著相关。

3 讨论

1-MCP 是环丙烯类的小分子化合物, 其 1 位上的氢离子被一个甲基所取代, 整个分子呈平面结构, 具有比乙烯更高的双键张力和化合能 (Sisler & Serek, 1997)。在本试验中 1-MCP 和 DPA 处理的果实蜡质具有更高的酚类物质含量和清除自由基的能力。而提高酚类物质含量的原因将是下一步研究的内容之一。

References

- Apollo Arquiza J M R, Anthony G H, Jacqueline F N, Christopher B W. 2005. 1-methylcyclopropene interactions with diphenylamine on diphenylamine degradation, α -farnesene and conjugated trienol concentration, and polyphenol oxidase and peroxidase activities in apple fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53: 7565–7570.
- Botondi R, DeSantis D, Bellincontro A. 2003. Influence of ethylene inhibition by 1-methylcyclopropene on apricot quality, volatile production, and glycosidase activity of low- and high-aroma varieties of apricots. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51 (5): 1189–1200.
- Fabio C, Alessandra B, Anna G, Claudio R. 2004. Radical scavenging activities of peels and pulps from cv. Golden Delicious as related to their phenolic composition. *J Agric Food Chem*, 52: 4684–4689.
- Fan X, Blankenship S M, Mattheis J P. 1999. 1-methylcyclopropene inhibits apple ripening. *J Amer Soc Sci*, 124 (6): 690–695.
- Golding J B, Shearer D, McGlasson W B. 1999. Relationships between respiration, ethylene, and aroma production in ripening banana. *J Agric Food Chem*, 47: 1646–1651.
- Huelin F E, Coggiola I M. 1970. Superficial scald, a functional disorder of stored apples, v-oxidative of α -farnesene and its inhibition by diphenylamine. *J Sci Food Agric*, 21: 44–48.

- Hu Xiao-song, Xiao Hua-zhi, Wang Xiao-xia. 2004. Contents of α -farnesene and conjugated trienes in apple superficial scald and their relation with storage temperature. *Acta Horticulturae Sinica*, 31 (2): 169–172. (in Chinese)
- 胡小松, 肖华志, 王晓霞. 2004. 苹果 α -法尼烯和共轭三烯含量变化与贮藏温度的关系. *园艺学报*, 31 (2): 169–172.
- Hu Wei-rong, Liu Shun-zhi, Zhang Zhao-qi, Jiang Yue-ming, Ji Zuo-liang. Reduction of chilling injury in litchi fruit by 1-MCP. *Acta Horticulturae Sinica*, 33 (6): 1203–1208. (in Chinese)
- 胡位荣, 刘顺枝, 张昭其, 蒋跃明, 季作梁. 2006. 1-甲基环丙烯处理荔枝果实减轻其贮藏中冷害的研究. *园艺学报*, 33 (6): 1203–1208.
- Jeong J, Huber D J, Sargent S A. 2002. Influence of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on ripening and cell-wall matrix polysaccharides of avocado (*Persea americana*) fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 25 (3): 241–256.
- Jiang Y, Joyce D C, Terry L A. 2001. 1-methylcyclopropene treatment affects strawberry fruit decay. *Postharvest Biology & Technology*, 23 (3): 227–232.
- Ju Zhi-guo. 1989. Introduction to a modified colorimetric method for measuring phenolics. *Journal of Laiyang Agricultural College*, 6 (2): 48–49. (in Chinese)
- 鞠志国. 1989. 一种改进的酚类物质测定方法. *莱阳农学院学报*, 6 (2): 48–49.
- Li Ling-ling, Chen Xin, Mu Qing-quan, Zhang Yuan-hu, Zhang Li-hua, Li Yang-xin. 2007. Effects of 1-MCP on phenolic compounds and antioxidant activity of apple. *Acta Horticulturae Sinica*, 34 (3): 750. (in Chinese)
- 李玲玲, 陈 新, 穆清泉, 张元湖, 张立华, 李杨昕. 2007. 1-MCP 对苹果果皮酚类物质及其抗氧化活性的影响. *园艺学报*, 34 (3): 750.
- Little C R, Taylor H J, McFarlane F. 1985. Postharvest and storage factors affecting superficial scald and core flush of 'Granny Smith' apples. *HortScience*, 20 (6): 1080–1082.
- Ma Shu-shang, Tang Yan, Wu Chun-lin, Liu Ya-long, Du Guang-yuan. 2003. Effect of 1-MCP and storage temperatures on respiration, ethylene production and fruit quality of peach and nectarine. *Acta Horticulturae Sinica*, 30 (5): 525–529. (in Chinese)
- 马书尚, 唐 燕, 武春林, 刘亚龙, 杜光源. 2003. 1-甲基环丙烯和温度对桃和油桃贮藏品质的影响. *园艺学报*, 30 (5): 525–529.
- Mitcham E, Bower J H, Biasi W V. 2002. Effects of repeated application of low concentrations of 1-MCP on storage and ripening of 'Bartlett' pears//XXVIth International Horticultural Congress (Abstracts). Toronto: Pearson Education Inc: 236.
- Nikolaos N, Wang L F, Maria T, Zhang H Y. 2004. Estimation of scavenging activity of phenolic compounds using the ABTS⁺ assay. *J Agric Food Chem*, 52: 4669–4674.
- Pathak N, Asif M H, Dhawan P. 2003. Expression and activities of ethylene biosynthesis enzymes during ripening of banana fruits and effect of 1-MCP treatment. *Plant Growth Regulation*, 40 (1): 11–19.
- Saftner R A, Abbott Nikolaos N, Wang L F, Maria T, Zhang H Y. 2004. Estimation of scavenging activity of phenolic compounds using the ABTS⁺ assay. *J Agric Food Chem*, 52: 4669–4674.
- Shaham Z, Lers A, Lurie S. 2003. Effect of heat or 1-methylcyclopropene on antioxidative enzyme activities and antioxidants in apples in relation to superficial scald development. *J Amer Soc Hort Sci*, 128 (5): 761–766
- Sisler EC, Serek M. 1997. Inhibitors of ethylene responses in plants at the receptor level: Recent developments. *Physiol Plant*, 100: 577–582.
- Smock R M. 1957. A comparison of treatment and control of the apple scald disease. *Proc Amer Soc Hort Sci*, 69: 91–100.
- Sun Xi-yun, Niu Guang-cai, Meng Xian-jun, Zhang Qi. 2004. Study on extracting flavonoids from *Portulaca oleracea* L. *Food and Fermentation Industries*, 30 (11): 135–137. (in Chinese)
- 孙希云, 牛广财, 孟宪军, 张 琦. 2004. 马齿苋中黄酮类化合物的最佳提取工艺. *食品与发酵工业*, 30 (11): 135–137.
- Wang Rui-qing, Ma Shu-shang, Wu Chun-lin, Wang Zhao-gai, Tang Yan. 2005. Responses of 'Gala' apples to different concentration of 1-MCP. *Acta Bot Boreal-Occident Sin*, 25 (2): 256–261. (in Chinese)
- 王瑞庆, 马书尚, 武春林, 王赵改, 唐 燕. 2005. '嘎拉' 苹果对不同浓度 1-MCP 处理的反应. *西北植物学报*, 25 (2): 256–261.
- Wang Wen-hui, Sun Xi-sheng, Li Zhi-qiang, Wang Zhi-hua, Zhang Zhi-yun. 2004. Effects of 1-MCP on some postharvest physiological and biochemical indexes of pears. *Plant Physiology Communications*, 40 (2): 175–177. (in Chinese)
- 王文辉, 孙希生, 李志强, 王志华, 张志云. 2004. 1-MCP 对梨采后某些生理生化指标的影响. *植物生理学通讯*, 40 (2): 175–177.
- Zhou K Q, Yu L L. 2004. Antioxidant properties of bran extracts from tregu wheat grown at different locations. *J Agric Food Chem*, 52: 1112–1117.