

茉莉酸甲酯在采后果蔬品质控制中的应用

齐海萍, 刘程惠, 田密霞, 胡文忠*

(大连民族大学教育部国家民委重点实验室, 大连 116600)

摘 要: 茉莉酸甲酯(MeJA)是环戊酮衍生物之一, 茉莉酸甲酯作为植物体内一类信号物质, 在植物的生长发育、应激反应和次生代谢过程中发挥类似激素的作用, 对植物的生长发育和防御系统都具有一定影响。本论文通过对茉莉酸甲酯对采后果蔬品质控制中的应用进行综述。茉莉酸甲酯(MeJA)通过诱导果蔬产生并提高细胞壁水解酶(如几丁质酶、 β -1,3-葡聚糖酶)和抗性物质合成酶(如苯丙氨酸解氨酶、过氧化物酶和多酚氧化酶)的活性, 从而增强果蔬对机械损伤和病原侵染的抗性。同时, 茉莉酸甲酯还能够诱导植物防御基因的表达, 诱导果蔬产生一系列具有防御功能的次生代谢物质(如花青素等)来改善果蔬保鲜品质。

关键词: 茉莉酸甲酯; 果蔬; 品质控制

Application of methyl jasmonate on the quality controlling of fruits and vegetables

QI Hai-Ping, LIU Cheng-Hui, TIAN Mi-Xia, HU Wen-Zhong*

(Key Lab of Educational Department and National Nationality, Dalian Nationalities University, Dalian 116600, China)

ABSTRACT: Methyl jasmonate is one of cyclopentanone derivatives. It is a kind of signal substance that plays important hormonal-like roles in the regulation of plant development and defensive system. Quality controlling of post-harvest fruits and vegetables induced by methyl jasmonate (MeJA) has been reviewed. The MeJA improved resistance to disease in fruits and vegetables by improving the content of the activities of cell wall hydrolase (including chitinase and β -1,3-glucanase) and resistant enzyme (including phenylalanine ammonia-lyase, peroxidase and polyphenol oxidase). These studies on resistant qualities mechanism of mechanical wound and disease induced by the MeJA will provide references for the application of biological technology qualities controlling in fruits and vegetables by inducing the secondary substance (eg. anthocyanins).

KEY WORDS: methyl jasmonate; fruits and vegetables; quality controlling

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(31172009)、国家科技支撑计划项目(2012BAD38B05)、中央高校自主科研基金项目(DC201502020302, DC201502020402)

Fund: Supported by National Natural Science Foundation of China (31172009), Projects in the National Science & Technology Support Program (2012BAD38B05), and the Fundamental Research Funds for the Central Universities (DC201502020302, DC201502020402)

*通讯作者: 胡文忠, 教授, 主要研究方向为食品加工与质量安全控制。E-mail: hwz@dlnu.edu.cn

*Corresponding author: HU Wen-Zhong, Professor, College of Life Science, Dalian Nationalities University, No.18, Liaohe West Road, Jinzhou New District, Dalian 116600, China. E-mail: hwz@dlnu.edu.cn

1 引言

茉莉酸甲酯(methyl jasmonate, MeJA)是从素馨花香精油中分离而得到,茉莉酸最初是从真菌培养滤液中得到的,茉莉酸是萜脂代谢途径的产物^[1]。茉莉酸通过茉莉酸羧基甲基转移酶催化形成茉莉酸甲酯,激活植物的防御反应^[1]。茉莉酸和茉莉酸甲酯是茉莉酸类主要代表物质,植物受到生物(如病原菌侵染或昆虫咀嚼)或非生物(机械损伤)胁迫后,细胞膜系统首先受到伤害,JA是一种重要的植物激素,是植物伤反应的特异激素,在植物伤反应中具有核心作用^[2-4]。茉莉酸类物质对植物的生长发育具有调控功能,同时还可修复外来机械损伤和防止病原菌的侵染;茉莉酸类物质能够诱导植物防御基因的表达,诱导果蔬产生一系列具有防御功能的次生代谢物质来提高果实抗性^[1]。鲜切果蔬在生产过程中经过去皮、切分等加工过程,造成机械损伤,导致细胞破裂,细胞内容物大量流出,果蔬病原菌迅速繁殖,代谢反应急剧活化,使鲜切果蔬产品色泽、质地等品质下降,因此果蔬进行最小加工处理后其保鲜技术显得至关重要。本文就茉莉酸甲酯在果蔬保鲜中诱导抗性和其对鲜切果蔬品质控制方面进行了综述,为鲜切果蔬保鲜技术的研究提供参考。

2 诱导产生防御酶

果蔬在受到机械损伤或病原生物等各种逆境因子作用后,会引发一系列代谢变化,这些变化是细胞内在的修复过程,与蛋白质合成有关,在此过程中会诱导产生一类可抑制病原微生物生长、修复机械损伤和提高果蔬自然抗性的蛋白质,称为防御酶。在果蔬正常生长过程中这类酶的基因表达量很低,但在果蔬遭受病原生物侵染、机械损伤或逆境因子诱导后会大量表达^[5]。

2.1 细胞壁水解酶

几丁质酶(chitinase)和 β -1,3-葡聚糖酶(β -1,3-glucanase)广泛存在于果蔬体内。当植物受到机械损伤或病原菌的侵染时,果蔬内的几丁质酶、葡聚糖酶活性增强,其原因是由于病原真菌的细胞壁主要成分为几丁质和 β -1,3-葡聚糖,而作为这两种物质的胞外水解酶几丁质酶和葡聚糖酶通过降解真菌细胞壁组分,裂解原生质膜而杀死病原菌,从而保护寄主^[6],提高果蔬的抗病能力^[7]。MeJA处理枇杷显著提高果实几丁质酶和 β -1,3-葡聚糖酶活性,提高果实对炭疽病的抗性^[8]。MeJA处理提高樱桃^[9]、桃^[10]、香蕉^[11]、草莓^[12]和番茄^[13]果实中几丁质酶和 β -1,3-葡聚糖酶从而提高果实抗病性。MeJA处理黄瓜,提高了果实中几丁质酶和 β -1,3-葡聚糖酶,提高了果实对黑斑病与白腐病的抗性^[14]。

2.2 抗性物质合成酶

苯丙氨酸解氨酶(PAL)、过氧化物酶(POD)和多酚氧化酶(PPO)是果蔬体内三大抗性物质合成酶。果蔬中的抗病物质有酚类物质和木质素,上述三种酶对抗病物质的合成起着关键性的作用。

PAL是苯丙烷代谢途径的关键酶,能催化和调控多种苯丙烷类衍生物的反应,如酚类物质、植保素等的合成和木质化反应,当果蔬受到病原菌侵染或机械切割损伤时,其代谢途径转入以苯丙烷代谢为特征的次生代谢途径,其特点是果蔬角质层和细胞壁组成的加强,降低了真菌穿透果蔬细胞的几率,同时使果蔬体内大量自由水转化成结合水,降低了病菌摄取营养和生长繁殖的速率,屏障了病菌的扩散作用^[15],增强了果蔬对病原侵染的抵抗能力^[16,17]。低分子量木质素是酚类物质的前体,其多聚作用时产生的游离基可钝化病菌的膜、酶及毒素等^[18]。梨、黄瓜、甜瓜等多数果蔬在采后期间苯丙烷的代谢有显著变化。MeJA对水稻幼苗叶片中纤维素和木质素的积累有促进作用^[19]。经MeJA处理后的菜豆荚其木质素的含量显著提高,减少腐烂的发生^[20]。外施MeJA并损伤接种后,提高了番茄果实的苯丙氨酸解氨酶活性, PAL可能在MeJA诱导的抗性反应中起着重要作用^[21]。

POD和PPO也是果蔬中重要的抗性酶,它们不仅参与中酚类物质的聚合和氧化反应,还促进木质素和PA的合成^[23]。其中POD参与木质素与多酚物质的聚合^[13]、细胞壁的生长和交联;还与多酚氧化酶共同作用,将植物体内多酚类物质氧化成醌类物质,这些醌类物质对病原菌有很高毒性,直接抑制病原菌的侵染。菜用大豆经外源MeJA处理后PAL和POD活性显著提高,也增加了其体内木质素的积累,对豆荚的腐烂程度有一定的减缓,MeJA处理樱桃及桃果实中后PAL和POD活性提高^[20];MeJA处理明显诱导大麦整个植物防御酶PAL、POD活性升高^[24];MeJA可激活蓝莓果实中苯丙氨酸解氨酶、过氧化物酶、多酚氧化酶,其中20 $\mu\text{mol/L}$ MeJA浓度处理更有利于诱导抗病酶的活性,提高果实抗病性,10 $\mu\text{mol/L}$ MeJA茉莉酸甲酯在一定程度上能够使蓝莓果肉多酚氧化酶、苯丙氨酸解氨酶、 β -1,3-葡聚糖酶的活性升高^[25];采用茉莉酸甲酯处理赛买提杏,对其抗性酶也有诱导作用^[26]。茉莉酸甲酯处理鲜切莴苣和甘蓝提高了鲜切莴苣和甘蓝的PAL活性,促进了总酚、类黄酮以及木质素的积累,从而增强了组织的抗氧化活性,延长了鲜切产品的采后寿命^[22]。

3 MeJA对果蔬的抑菌作用

植物精油对果蔬采后病害控制的报道越来越多,茉莉酸甲酯是素馨花香精油中分离得到,研究发现,外源MeJA处理能够诱导番茄^[21]、葡萄柚^[27]、樱桃^[9]、桃^[10]、

枇杷^[8]等果蔬的抗病性。

有研究认为 MeJA 对采后绿熟期番茄病害有抑制效果。MeJA 可能是诱导了果实中病程相关蛋白的合成, 增强果实对不良代谢的调控能力, 降低病害的发生^[21]。MeJA 对八成熟草莓贮藏程中果实腐烂有显著地抑制作用, 但对全熟草莓果实腐烂的抑制作用无显著影响^[28]。MeJA 处理枇杷采后炭疽病引起的腐烂、控制菜豆和樱桃等果实腐烂^[8,9,20], 抑制由灰葡萄孢引起草莓和玫瑰切花的灰霉病^[27], 由指状青霉引起葡萄柚的青霉病^[28], 减少由胶孢炭疽菌和链格孢在番木瓜上引起的腐烂^[29]。将酵母与茉莉酸甲酯结合能够显著减轻梨采后病害的发生, Cao 等^[30]将酵母与茉莉酸甲酯结合处理枇杷, 提高了酵母对炭疽病的防治效果。MeJA 还可减少由桃褐腐病原菌引起的甜樱桃病斑直径^[9], 减少草莓腐烂^[31], 降低由胶孢炭疽菌和链格孢引起的番木瓜病斑面积^[29]。用 MeJA 处理采后柚子减少了由指状青霉引起的青霉病^[27]。外源 MeJA 处理能够有效抑制番茄果实病害, 提高果实对链格孢霉、灰葡萄孢霉、扩展青霉、匍枝根霉病原菌侵染的广谱抗性, 并通过诱导酚类、番茄红素等抗菌物质的积累, 起到防病效果^[32]。

4 茉莉酸甲酯保持果蔬品质的作用

新鲜果蔬在采摘后由于经历了生理衰老而导致品质劣变, 从营养成分、风味、质地和抗氧化能力等方面综合影响果蔬采后品质。具体指标如香气物质、硬度、糖、酸、水分。外源 MeJA 处理对樱桃^[9]、草莓^[27]和枇杷^[8]等多种浆果类果实采后贮藏期间酚类或花色苷类物质的合成具有诱导作用, 提高了其抗氧化活性。用 MeJA 处理八成熟的草莓, 可以使其贮藏前期可溶性固形物含量增加, 果实红色发育和总酸含量下降, 果实品质指标在贮藏后期接近全熟果实^[27]。MeJA 增加了巨峰葡萄果皮花青素的积累, 提高了果实的糖酸比, 葡萄单粒质量相对增加^[35]。MeJA 采前处理芒果显著降低贮藏期的病情指数, 延缓了可溶性糖含量的升高和可滴定酸含量的降低, 提高果肉维生素 C 含量, 有利于芒果品质的保持^[36]; MeJA 处理采后蓝莓, 促进果实中花色苷、总酚在贮藏期间的积累和合成, 提高果实 DPPH 自由基清除率^[37]; MeJA 对鲜切苹果^[38]、甘薯^[39]等的贮藏性和品质的改善也是行之有效的, 还能改善果实表面颜色, 减缓其在贮藏过程中品质变化。

表 1 茉莉酸甲酯提高酶活力的种类与相应果蔬来源
Table 1 Enzyme activity increased by MeJA and the origin of fruits and vegetables

果蔬中酶的种类	果蔬来源
几丁质酶和 β -1,3-葡聚糖酶	樱桃 ^[9] 和桃 ^[10]
	香蕉 ^[11] 、草莓 ^[12]
	番茄 ^[13] 、黄瓜 ^[14] 、蓝莓 ^[25]
苯丙氨酸解氨酶 PAL	番茄 ^[21]
苯丙氨酸解氨酶 PAL、POD	樱桃、桃 ^[20]
多酚氧化酶、苯丙氨酸解氨酶、 β -1,3-葡聚糖酶	蓝莓 ^[25]

表 2 茉莉酸甲酯抑制果蔬致病菌
Table 2 Fruit and vegetable pathogens inhibited by MeJA

菌种	果蔬来源
<i>Colletotrichum acutatum</i>	枇杷 ^[8] 、菜豆 ^[20] 和樱桃 ^[9]
<i>Botrytis cinerea</i>	草莓 ^[27] 、玫瑰切花 ^[27] 、番茄 ^[32]
<i>Penicillium digitatum</i>	葡萄柚 ^[28] 、柑橘 ^[33]
<i>C. gleosporioides</i>	番木瓜 ^[29]
<i>Alternaria alternata</i>	番木瓜 ^[29]
<i>Monilinia fructicola</i>	甜樱桃 ^[9] 、草莓 ^[31]
<i>Rhizopus stolonifera</i> ehrenb. Lind	番茄 ^[32]
<i>Alternaria solani</i>	番茄 ^[32]
<i>Penicillium expansum</i>	番茄 ^[32] 、富士苹果 ^[34]

5 展 望

茉莉酸甲酯在采后果蔬的保鲜方面已经有了广泛的应用,近年来一些学者正尝试将其应用到果蔬采后深加工鲜切果蔬的保鲜应用,茉莉酸甲酯对鲜切果蔬处理后相关酶活性和各种其他各种生理生化的变化趋势随果蔬种类的不同而不同,并针对茉莉酸甲酯作为信号物质,对鲜切果蔬受到机械切割后产生伤信号的作用关系,以及茉莉酸甲酯主要是以信号分子的形式参与到植物次生代谢过程中,如何通过调控相关基因、蛋白质以及影响关键酶活性等途径对次生代谢物的合成进行调控,同时目前对基因、蛋白、关键酶等物质相互间调控的综合性研究还不够深入,应用外源JA和MJA刺激鲜切果蔬,但外源茉莉酸甲酯如何以调控基因为起点,又如何通过调控相关基因表达影响相应蛋白质进行上调或者下调表达,从而对特定酶活性产生影响,各蛋白之间又通过怎样的途径在宏观上改善改善果蔬品质,目前仍是研究热点。

参考文献

- [1] 宋恒, 王长泉. 机械伤害诱导的植物防御机制和信号转导[J]. 植物学报, 2013, 48 (4): 461–469.
Song H, Wang CQ. Mechanism of wound-induced defense response and signal transduction in plants [J]. Chin Bull Botany, 2013, 48(4): 461–469.
- [2] 刘艳, 蔡贵芳, 成宇. 茉莉酸类物质在植物伤反应中的信号功能[J]. 内蒙古农业大学学报, 2011, 32(4) 354–359.
Liu Y, Cai GF, Cheng Y. Signaling of jasmonates in plant response to wounding [J]. J Inner Mongolia Agric Univ, 2011, 32(4): 354–359.
- [3] 陆雯, 潘璐琪, 王雪艳. 水杨酸及茉莉酸介导植物抗病性的研究进展[J]. 贵州农业科学, 2013, 41(10): 40–43
Lu W, Pan LQ, Wang XY. Research advances in salicylic acid and jasmonic acid mediated plant resistance [J]. Guizhou Agric Sci, 2013, 41(10): 40–43.
- [4] 潘永贵, 施瑞城. 采后果蔬受机械伤害的生理生化反应[J]. 植物生理学通讯, 2000, 36(6): 568–572.
Pan YG, Shi RC. Postharvest physiology and biochemistry of fruits and vegetables responding to mechanical stress [J]. Plant Physiol Commun, 2000, 36(6): 568–572.
- [5] 高比达, 陈捷. 生理植物病理学[M]. 北京: 科学出版社, 2006.
Gao BD, Chen J. Physiological plant pathology [M]. Beijing: Science Press, 2006.
- [6] Schlumbaum A, Mauch F, Vogeli U, *et al.* Plant chitinase are potent inhibitors of fungal growth [J]. Nature, 1986, 324(6095): 365–367.
- [7] Cota IE, Troncoso-Rojas R, Sotelo-Mundo R, *et al.* Chitinase and β -1,3-glucanase enzymatic activities in response to infection by alternaria alternata evaluated in two stages of development in different tomato fruit varieties [J]. Sci Hortic, 2007, 112: 42–50.
- [8] 曹士锋. 枇杷果实采后品质劣变的调控及机理研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2008.
Cao SF. Study on regulaton and mechanism of quality deterioration of loquat fruit after harvest [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2008.
- [9] Yao HJ, Tian SP. Effects of pre-and post-harvest application of salicylic acid or methyl jasmonate on inducing disease resistance of cherry fruit in storage [J]. Postharvest Biol Technol, 2005, 35: 253–262.
- [10] Mauch F, Mauch -Mani B, Boller T. Antifungal hydrolases in pea tissue II. Inhibition of fungal growth by combinations of chitinase and β -1, 3-glucanase [J]. Plant Physiol, 1988, 88: 936–942.
- [11] 麻宝成, 朱世江. 苯丙噻重氮(BTH)和茉莉酸甲酯对采后香蕉抗病性及相关酶活性的影响[J]. 中国农业科学, 2006, 39(6): 1220–1227.
Ma BC, Zhu SJ. Induction of disease resistance by benzothiadiazole and methyl jasmonate in relation to acitivities of defense-related enzymes [J]. Sci Agric Sin, 2006, 39(6): 1220–1227.
- [12] Zhang FS, Wang XQ, Ma SJ. Effects of methyl jasmonate on postharvest decay in strawberry fruit and the possible mechanisms involved [J]. Acta Hort, 2006, 712: 693–698.
- [13] Sherf BA, Bajar M, Kolattukudy PE. Abolition of an inducible highly anionic peroxidase activity in transgenic tomato [J]. Plant Physiol, 1993, 101: 201–208.
- [14] Ji C, Kuc J. Antifungal activity of cucumber β -1,3 -glucanase and chitinase [J]. Physiol. Mol. Plant Pathol, 1996, 49: 257–265.
- [15] Iwasa S. Inducible defense against pathogens and parasites: optimal choice among multiple options [J]. J Theory Biology, 2001, (2): 233.
- [16] Nicholson RL, Hammerschmidt R. Phenolic compounds and their role in disease resistance [J]. Ann Rev Phyto- pathol, 1992, 30: 369–389.
- [17] Whetten R, Sederoff R. Lignin Biosynthesis [J]. Plant Cell, 1995, 7: 1001–1013.
- [18] 余叔文, 汤章城. 植物生理与分子生物学(第二版)[M]. 北京: 科学出版社, 1998, 770–783.
Yu SW, Tang XC. Plant physiology and molecular biology (The second edition) [M]. Beijing: Science Press, 1998, 770–783.
- [19] 吴文华, 潘瑞炽. 茉莉酸甲酯对水稻幼叶中碳水化合物含量及苯丙氨酸解氨酶和多酚氧化酶活性的影响[J]. 植物生理学通讯, 1997, 33(3): 178–180.
Wu WH, Pan RC. Effect of Ja-Me on carbohydrate contents and activities of phenylalanine ammonia-lyase and polyphenol oxidase in leaves of rice seedlings [J]. Plant Physiol Commun, 1997, 33(3):178–180.
- [20] 苏新国, 郑永华, 冯磊等. 外源MeJA对菜用大豆荚采后衰老和腐烂的影响[J]. 植物生理与分子生物学报, 2003, 29(1): 52–58.
Su XG, Zheng YH, Feng L, *et al.* Effects of exogenous Me-JA on postharvest senescence and decay of vegetable soybean pods [J]. J Plant Physiol Molecular Biol, 2003, 29(1): 52–58.
- [21] 石慧, 励映聪, 罗云波, 等. 外源茉莉酸甲酯处理对采后绿熟番茄果实根霉果腐病抗病性的影响[J]. 食品科技, 2008, (5): 255–258.
Shi H, Li YC, Luo YB, *et al.* Effects of exogenous methyl jasmonate on disease resistance to Rhizopus fruit rot in postharvest mature green tomato fruits [J]. Food Sci Technol, 2008, (5): 255–258.
- [22] 马杰, 胡文忠, 毕阳, 等. 茉莉酸甲酯处理对鲜切莴苣和甘蓝苯丙烷代谢的影响[J]. 食品工业科技, 2013, 34 (7) 333–335, 339
Ma J, Hu WZ, Bi Y, *et al.* Effect of MeJA treatments on benzene propane metabolism in tissues of fresh-cut lettuce and cabbage [J]. Sci Technol Food Ind, 2013, 34(7): 333–335, 339.
- [23] Pesis E, Dvir O, Feygenberg O, *et al.* Production of acetaldehyde and ethanol during maturation and modified atmosphere storage of litchi fruit [J]. Postharvest Biol Technol, 2002, 26: 157–165.
- [24] Walters D, Cowley T, Mitchell A. Methyl jasmonate alters polyamine

- metabolism and induces systemic protection against powdery mildew infection in barley seedlings [J]. *J Exp Botany*, 2002, 53(369): 747–756.
- [25] 许晴晴, 郇海燕, 陈杭君. 茉莉酸甲酯对蓝莓贮藏品质及抗病相关酶活性的影响[J]. *核农学报*, 2014, 28(7): 1226–1231.
- Xu QQ, Gao HY, Chen HJ. Effect of MeJA on storage quality and disease-resistant enzymes of blueberries [J]. *J Nuclear Agric Sci*, 2014, 28(7): 1226–1231.
- [26] 张辉, 陈娟, 车凤斌. 茉莉酸甲酯对赛买提杏病害相关抗性酶活性的影响[J]. *新疆农业大学学报*, 2013, 36(5): 404–408.
- Zhang H, Chen J, Che FB, *et al*. Effect of methyl jasmonate on the diseases related resistant enzyme in saimaiti apricot [J]. *J Xinjiang Agric Univ*, 2013, 36(5): 404–408.
- [27] 唐双双, 郑永华, 汪开拓, 等. 茉莉酸甲酯处理对不同成熟度草莓果实采后腐烂和品质的影响[J]. *食品科学*, 2008, 29(6): 448–452.
- Tang SS, Zheng YH, Wang KT, *et al*. Effect of methyl jasmonate on decay and quality of postharvest strawberry fruit at different maturity stages [J]. *Food Sci*, 2008, 29(6): 448–452.
- [28] Droby R, Porat L, Cohen B, *et al*. Suppressing green mold decay in grapefruit with postharvest jasmonate application [J]. *J Am Soc Hort Sci*, 1999, 124: 184–188.
- [29] Gonzalez-Aguilar GA, Buta JG, Wang CY. Methyl jasmonate and modified atmosphere packaging (MAP) reduce decay and maintain postharvest quality of papaya sunrise [J]. *Postharvest Biol Technol*, 2003, 28(3): 361–370.
- [30] Cao SF, Zheng YH, Yang ZF, *et al*. Effect of methyl jasmonate on the inhibition of colletotrichum acutatum infection in loquat fruit and the possible mechanisms [J]. *Postharvest Biol Technol*, 2008, 49: 301–307.
- [31] Moline HE, Buta JG, Saftner RA, *et al*. Comparison of three volatile natural products for the reduction of postharvest decay in strawberries [J]. *Adv Strawberries Res*, 1997, 16: 43–48.
- [32] 于萌萌, 申琳, 生吉萍. 茉莉酸甲酯诱导采后番茄果实抗病的作用[J]. *食品科学*, 2012, 33(9): 11–15.
- Yu MM, Shen L, Sheng JP. MeJA-induced disease resistance in postharvest tomato fruits [J]. *Food Sci*, 2012, 33(9): 11–15.
- [33] Porat R, McCollum TG, Vinokur V, *et al*. Effects of various elicitors on the transcription of a β -1,3-endoglucanase gene in citrus fruit [J]. *J Phytopathol*, 2002, 150: 70–75.
- [34] 李灿婴, 葛永红, 朱丹实, 等. 采后茉莉酸甲酯处理对富士苹果青霉病和贮藏品质的影响[J]. *食品科学*, 2015, 36 (2): 255–259.
- Li CY, Ge YH, Zhu DS, *et al*. Effects of methyl jasmonate treatment after harvest on blue mould and storage quality of ‘Fuji’ apple fruit [J]. *Food Sci*, 2015, 36(2): 255–259.
- [35] 肖永英, 甘立军, 夏凯. 茉莉酸酯类和 6-BA 对葡萄果实品质的影响[J]. *江苏农业科技*, 2008, (6): 153–155.
- Xiao YY, Gan LJ, Xia K. Effects of methyl jasmonate and 6-benzyladenine on quality of grape fruits [J]. *Jiangsu Agric Technol*, 2008, (6): 153–155.
- [36] 弓德强, 谷会, 张鲁斌. 芒果采前喷施茉莉酸甲酯对其抗病性和采后品质的影响[J]. *园艺学报*, 2013, 40 (1): 49–57.
- Gong DQ, Gu H, Zhang LB, *et al*. Effects of preharvest methyl jasmonate spraying on disease resistance and postharvest quality of mango fruits [J]. *Acta Horticulture Sinica*, 2013, 40(1): 49–57.
- [37] 冯叙桥, 黄晓杰, 赵宏侠. MeJA(茉莉酸甲酯)处理对采后蓝莓品质和抗氧化能力的影响[J]. *食品工业科技*, 2014, 35(22): 330–335, 342.
- Feng XQ, Huang XJ, Zhao HX. Effect of treatment with MeJA on quality and antioxidant ability of postharvest blueberry fruit [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2014, 35(22): 330–335, 342.
- [38] 郑亚男, 胡文忠, 姜爱丽, 等. 茉莉酸甲酯对鲜切甘薯伤害防御反应的研究[J]. *食品工业科技*, 2012, 33 (2) : 368–372.
- Zheng YN, Hu WZ, Jiang AL, *et al*. Research of methyl jasmonate on the wounding defense response for fresh-cut sweet potatoes [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2012, 33 (2): 368–372.
- [39] 王艳颖, 胡文忠, 金黎明. 茉莉酸甲酯对鲜切水晶梨营养品质的影响[J]. *食品与发酵工业*, 2012, 38(6): 209–211, 294.
- Wang YY, Hu WZ, Jin LM. Effects of methyl jasmonate treatment on nutritional quality of fresh-cut pear [J]. *Food Ferment Ind*, 2012, 38(6): 209–211, 294.

(责任编辑: 白洪健)

作者简介



齐海萍, 副教授, 主要研究方向为食品科学。

E-mail: qhp@dlnu.edu.cn



胡文忠, 教授, 主要研究方向为食品加工与质量安全控制。

E-mail: hwz@dlnu.edu.cn