

# 乙烯利催熟对番茄果实营养品质影响的研究进展

徐爱东

(济宁学院 生命科学与工程系, 山东 曲阜 273100)

**摘要:**针对我国番茄生产中乙烯利的广泛应用及人们对催熟番茄的疑惑心理,从决定番茄果实营养品质的指标因子番茄红素、VC、有机酸、总糖含量、可溶性固形物等方面进行全面综述;并阐述了乙烯利催熟对番茄果实营养品质的影响,旨在指导人们对乙烯利催熟番茄的营养品质有一个全面、正确的认识,为科学合理地使用乙烯利提供参考。

**关键词:**乙烯利;番茄;催熟;营养品质

**中图分类号:**S 641.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2011)10-0181-04

番茄又称西红柿、洋柿子、番柿、洋海椒等,是风行全球的世界性蔬菜,在蔬菜周年供应中起着重要作用,也可加工制成果酱、果汁等,兼具蔬菜和水果双重身份。番茄果实富含 13 种维生素、20 多种胡萝卜素和 17 种矿物质,还含有蛋白质、糖类、有机酸、纤维素、番茄红素等物质<sup>[1]</sup>。在番茄果实的营养成分中,决定其营养品质的指标因子主要有番茄红素、VC、有机酸、总糖含量、可溶性固形物等<sup>[2]</sup>。

## 1 乙烯利在番茄上的应用

乙烯利是一种人工合成的低毒的植物生长调节剂,白色或微黄色晶体,化学名称为 2-氯乙基膦酸,市场上销售的多为 40% 的水剂。乙烯利在番茄生产中的应用主要有二方面:一是促进果实提早着色和成熟。番茄果实必须接受本身释放的乙烯或外源乙烯才能着色成熟,原因是乙烯能提高过氧化物、纤维素酶和果胶酶等多种酶的含量和活性,增大细胞膜的通透性,水解纤维素和果胶,缩短转色期,促进果实成熟<sup>[3]</sup>。如将转色期的番茄果实浸在 2 000~4 000 mg/L 的乙烯利溶液中 1 min,沥干置于 25℃ 的环境下 3~4 d 即可由青转红,适于番茄的远距离运输及贮藏;也可在转色期用 2 000~3 000 mg/L 的乙烯利溶液田间涂果,可提前 4~5 d 成熟;拉秧时用 1 000 mg/L 的乙烯利溶液喷洒植株提前 6~8 d 成熟,利于后期一次性采收<sup>[4]</sup>。二是矮化植株。1~5 片叶时 300 mg/L 的乙烯利溶液全株喷洒,可矮化植株、控制幼苗徒长,增加早期产量<sup>[4]</sup>。

## 2 乙烯利催熟对番茄果实营养品质的影响

随着人们生活水平的提高和消费观念的更新,对番茄果实营养品质的要求也越来越高。用乙烯利催熟番茄,人们不仅关注番茄果实成熟的速度,更加关注决定其营养品质的指标因子番茄红素、VC、有机酸、总糖含量、可溶性固形物等是否受到影响,以及受影响的程度。

### 2.1 乙烯利催熟对番茄红素的影响

番茄作为天然的防癌食品,其防癌作用主要来自其含有的番茄红素,番茄红素是一种可抗癌症和心脏病的类胡萝卜素,具有极强的抗氧化能力,是迄今为止所发现的抗氧化能力最强的天然物质。人体不能合成番茄红素,只能从食物中摄取,主要来源就是番茄及番茄制品。试验表明,乙烯利催熟对番茄红素的含量影响较大(表 1)<sup>[5]</sup>。

由表 1 可知,与自然成熟的果实相比,不管是田间涂果催熟还是采下浸果催熟都会大大降低番茄红素的含量。田间涂果催熟的番茄红素下降 38.01%,采下浸果催熟的下降 61.80%,差异均达到极显著水平。乙烯利相同浓度下 2 种催熟方式相比,采下浸果催熟的番茄红素下降幅度更大,二者之间的差异达到极显著水平。另外,用 2 000 mg/L 的乙烯利溶液分别田间涂果催熟与采下浸果催熟,也得到了同样的结果,番茄红素的含量分别下降 27.77%、55.65%<sup>[6]</sup>。原因是番茄果实成熟的早期含大量的叶绿素,随着果实的逐渐成熟叶绿素降解,果实由绿色变为白色,同时质体内类胡萝卜素的生物合成加速,番茄红素的积累增加,果实由白色变为红色。乙烯利催熟处理是在转色期,果实中还没有番茄红素,乙烯利催熟虽然加快了叶绿素的分解、番茄红素的合成速度,但打破了果实内固有的物质和激素平衡,合成番茄红素所需的物质没有达到应有的水平,致使番茄红素的含量大受影响。而采下浸果催熟的番茄果实与植株分离,物质供应被切断,番茄红素的含量更低<sup>[5-7]</sup>。

**作者简介:**徐爱东(1963-),女,山东曲阜人,副教授,现主要从事植物生理学及食品工艺学等方面的教学及研究工作。

**基金项目:**济宁学院科研基金资助项目(2009KJLX10)。

**收稿日期:**2011-02-14

表 1

乙烯利催熟对番茄红素的影响

处理	番茄红素含量 (鲜重)/mg·kg <sup>-1</sup>	比 CK±%	差异显著性	
			0.05	0.01
自然成熟(CK)	10.97	—	a	A
40%的乙烯利 200 倍液田间涂果催熟	6.80	-38.01	b	B
40%的乙烯利 200 倍液采下浸果 1 min 催熟	4.19	-61.80	c	B

## 2.2 乙烯利催熟对 VC 的影响

由表 2 可知,乙烯利催熟对 VC 的含量影响较大,与自然成熟的果实相比,不管是田间涂果催熟还是采下浸果催熟都会降低 VC 的含量。乙烯利相同浓度下,田间涂果催熟的 VC 下降 8.44%,采下浸果催熟的下降 13.57%,差异均达到极显著水平。乙烯利相同浓度下 2 种催熟方式相比,采下浸果催熟的 VC 下降幅度更大一些,差异达显著水平。另外,用 40%的乙烯利 200 倍液分别田间涂果催熟与采下浸果催熟 1 min,也得到了同样的结果,VC 的含量分别下降 7.95%、11.78%<sup>[5]</sup>。原因是番茄果实在发育初期就含有一定量的 VC,随着果实的生长发育 VC 的含量迅速降低,花后 28 d 降到最低,花后 42 d 果色粉红时 VC 的含量猛增到最大值。乙

烯利催熟处理时正值转色期,果实中的 VC 没有达到最大值,虽然乙烯利催熟加快了 VC 的合成速度,但果实内的物质平衡被破坏,合成所需物质没有达到应有的水平,致使 VC 的含量明显降低。而采下浸果催熟的番茄果实与植株分离,物质供应被切断,VC 的合成量减少,再加上有机酸呼吸消耗削弱了对 VC 的保护作用,致使其含量更低<sup>[2,8]</sup>。用乙烯利催熟番茄,果实中的 VC 和番茄红素的含量都会因为乙烯利催熟处理而降低,但 VC 降低的幅度比番茄红素的小一些,原因是转色期的果实中已具有一定水平的 VC,但却基本不含番茄红素,从而造成二者受乙烯利催熟的影响程度最终差异较大<sup>[5]</sup>。(表 2)<sup>[6]</sup>。

表 2

乙烯利催熟对 VC 的影响

处理	VC 含量(鲜重) /mg·kg <sup>-1</sup>	比 CK±%	差异显著性	
			0.05	0.01
自然成熟(CK)	187.20	—	a	A
2 000 mg/kg 乙烯利溶液田间涂果催熟	171.40	-8.44	b	B
2 000 mg/kg 乙烯利溶液采下浸果 1 min 催熟	161.80	-13.57	c	B

## 2.3 乙烯利催熟对有机酸的影响

番茄果实所含的有机酸主要是柠檬酸、苹果酸、草酸、醋酸和甲酸等,有机酸的含量多少影响果实的糖酸比、果实的风味和品质。由表 3 可知<sup>[9]</sup>,乙烯利催熟对有机酸的含量影响较小,与自然成熟的果实相比,不管是田间涂果催熟还是采下浸果催熟都会降低有机酸的含量,田间涂果催熟的下降 8.33%,采下浸果催熟的下降 11.11%,差异均未达到显著水平。乙烯利相同浓度下 2 种催熟方式相比,田间涂果的有机酸含量稍高于采下催熟的,差异未达到显著水平。另外,用 2 000 mg/L 的乙烯利溶液分别田间涂果催熟与采下浸果催熟,也得到

了同样的结果,有机酸的含量分别下降 6.45%、11.29%<sup>[6]</sup>。原因是番茄果实生长前期有机酸含量逐渐上升,转色期达最大值,以后随着果实的成熟有机酸含量慢慢下降,着色后下降加快。在转色期用乙烯利催熟时果实中的有机酸含量已达最大值,乙烯利催熟只是加快了有机酸的分解和转化速度,使有机酸的含量在较短时间内接近于较长时间自然成熟的果实。所以,乙烯利催熟对有机酸的含量几乎没有影响或影响极小。至于采下浸果催熟的有机酸含量较低,是由于采下的果实有机酸被分解或被转化为糖分,且呼吸消耗大酸度下降稍快所致<sup>[2,5]</sup>。

表 3

乙烯利催熟对有机酸的影响

处理	有机酸含量(鲜重) /mg·kg <sup>-1</sup>	比 CK±%	差异显著性	
			0.05	
自然成熟(CK)	0.72	—	a	
40%的乙烯利 250 倍液田间涂果催熟	0.66	-8.33	a	
40%的乙烯利 200 倍液采下浸果 1 min 催熟	0.64	-11.11	a	

## 2.4 乙烯利催熟对番茄总糖含量的影响

番茄果实中的可溶性糖主要是单糖中的葡萄糖和果糖,蔗糖等非还原糖含量很少,可溶性糖的含量多少影响果实的甜度、糖酸比,进一步影响果实的风味和品质。由表 4 可知<sup>[6]</sup>,乙烯利催熟对总糖含量的影响较小,

与自然成熟的果实相比,不管是田间涂果催熟还是采下浸果催熟都会降低果实中的总糖含量,田间涂果催熟的下降 10.67%,采下浸果催熟的下降 13.60%,差异均未达显著水平。乙烯利相同浓度下 2 种催熟方式相比,田间涂果催熟的总糖含量稍高于采下浸果催熟的,差异未

达到显著水平。另外,用40%的乙烯利溶液250倍田间涂果,200倍采下浸果1min催熟也得到了同样的结果,总糖含量分别下降13.20%和17.80%<sup>[9]</sup>。原因是番茄开花后到完熟,还原糖和总糖含量有增加的趋势,开花后60d二者的含量都达到最大值;非还原糖含量从开花后15~60d几乎看不到变化,在每个时期均较低,说明蔗糖作为运转糖进入果实后转变为果糖和葡萄糖,而淀粉则在一系列酶的作用下逐渐分解为可溶性糖。所以,

在转色期用乙烯利催熟时果实中的总糖含量已接近或达到最大值,从转色期到成熟期主要是糖类之间的相互转化,乙烯利催熟只是加快了糖类之间相互转化的速度,对总糖含量影响不大。而采下浸果催熟的果实切断了与植株的联系,光合作用停止、呼吸强度升高,还原糖作为呼吸底物被消耗,所以,采下浸果催熟的番茄果实总糖含量稍微偏低一些<sup>[9]</sup>。

表4 乙烯利催熟对总糖含量的影响

处理	总糖含量(鲜重) /mg·kg <sup>-1</sup>	比CK±%	差异显著性 0.05
自然成熟(CK)	37.50	—	a
2 000 mg/kg 乙烯利溶液田间涂果催熟	33.50	-10.67	a
2 000 mg/kg 乙烯利溶液采下浸果1min催熟	32.40	-13.60	a

## 2.5 乙烯利催熟对番茄果实可溶性固形物含量的影响

可溶性固形物是指细胞液中可溶性的氨基酸、有机酸、果胶、VC、单宁、部分含氮物、水溶性色素及溶于水的矿物质、糖类等,可溶性固形物含量的高低影响番茄的风味。由表5可知<sup>[6]</sup>,乙烯利催熟对可溶性固形物的含量影响较小,与自然成熟的果实相比,不管是田间涂果催熟还是采下浸果催熟都会降低果实中可溶性固形物的含量,田间涂果催熟的下降5.19%;采下浸果催熟的下降7.12%,差异均未达到显著水平。乙烯利相同浓度

下2种催熟方式相比,田间涂果催熟的可溶性固形物含量稍高于采下浸果催熟的,差异未达到显著水平。原因是番茄果实发育至绿熟期时,构成果肉的细胞体积已达到生长极限,成熟过程中原果胶水解成溶果胶,维持相对稳定的可溶性固形物含量,转色期后可溶性固形物含量缓慢增加,但幅度不大。所以,乙烯利催熟对番茄果实中可溶性固形物的影响不明显。但乙烯利催熟使果实内糖、酸等物质平衡受到破坏,所以,催熟后的果实可溶性固形物含量稍低于自然成熟的果实<sup>[6,9]</sup>。

表5 乙烯利催熟对可溶性固形物的影响

处理	可溶性固形物(鲜重) /mg·kg <sup>-1</sup>	比CK±%	差异显著性 0.05
自然成熟(CK)	5.20	—	a
2 000 mg/kg 乙烯利溶液田间涂果催熟	4.93	-5.19	a
2 000 mg/kg 乙烯利溶液采下浸果1min催熟	4.83	-7.12	a

## 3 结论

与自然成熟的番茄果实相比,转色期用乙烯利催熟会使番茄果实营养品质的各指标因子有所下降,下降幅度与催熟方式、乙烯利的使用浓度以及营养品质的指标因子种类有关:①田间涂果催熟与采下浸果催熟相比,采下浸果催熟使营养品质下降的幅度更大一些。②乙烯利的使用浓度越高,营养品质下降幅度越大。③在番茄果实营养品质的指标因子中,下降幅度最大的是番茄红素和VC,与自然成熟的番茄果实相比,差异均达到极显著水平,且番茄红素下降幅度更大;而有机酸、总糖含量、可溶性固形物的含量也有所下降,但无显著差异。

所以,从番茄果实的营养品质来看,如果不是为了保存和长距离运输,不论是鲜食还是深加工都应让其自然成熟,使其营养品质 and 安全性得到充分的保证。

## 4 建议和对策

目前,番茄生产中普遍使用乙烯利催熟,并已显示

出巨大的经济效益。但番茄果实内乙烯利的残留量是否符合国家标准?超出的量对人体有多大的危害?乙烯利催熟对番茄果实的营养品质影响程度如何?目前学术界对这些问题的研究确实太少。为继续发挥乙烯利在番茄生产中的作用、保证番茄的营养品质,现针对我国番茄生产中乙烯利的应用现状提出几点建议和对策。

### 4.1 加强技术指导和科普宣传、指导菜农科学使用乙烯利

定期组织相关的专家、教师、农业技术人员走进番茄生产基地开展科普宣传,指导菜农掌握乙烯利在番茄生产中的使用时期、使用浓度和使用方法,加强使用过程中的技术辅导,及时解决生产中的实际问题。建议乙烯利催熟的浓度不可过高,推荐使用浓度在2 000 mg/L以内<sup>[2]</sup>,最好采用田间涂果催熟的方式催熟,度过安全期使乙烯利分解完全后才可出售。

### 4.2 指导菜农和消费者正确认识乙烯利催熟番茄的利

与弊

提早成熟、增加收益、果实硬度大便于长距离运输、集中批量采摘、简化田间管理程序等是其有利的一面;而催熟的番茄营养品质差。乙烯利催熟尽管对有机酸、总糖含量、可溶性固形物等营养成分影响不大,但却大大降低了 VC 和番茄红素的含量,尤其是采下浸果催熟的果实影响更大。催熟的番茄果实口感差,不适于生食。且乙烯利残留量大大增加,我国规定番茄上乙烯利的最高残留限量为 2 mg/kg<sup>[10]</sup>。乙烯利催熟番茄目前我国尚无统一的使用标准,超剂量使用的现象时有发生,如使用浓度达 6 000 mg/kg 时,田间涂果催熟和采下浸果催熟的果实残留量分别是 2.29 和 3.14 mg/L,均严重超标<sup>[6]</sup>。催熟的番茄果实并未完全成熟,含有的番茄碱对中枢神经系统有干扰作用,易出现恶心、呕吐、全身乏力等中毒症状,严重者还会危及生命。

#### 4.3 加强监测、监督和检查力度

各级监督部门,特别是基层技术监督部门应对番茄的生产和销售建立起健全的监测、监督和检查制度,定期通报监测结果,预测、预报乙烯利在番茄中存在的安全风险,并积极采取必要的控制措施,预防、控制和减少乙烯利产生危害的可能性。

#### 4.4 建立相应的研究机构、加强乙烯利毒性研究

乙烯利属于农药,关于乙烯利急性毒性和亚慢性毒性方面的研究已有相关报道<sup>[11]</sup>,乙烯利能导致小鼠体细胞染色体畸变和生殖细胞基因突变,可能是体细胞有丝分裂的毒剂。过量使用含乙烯利的番茄会出现头晕、头痛、视力模糊、心悸、恶心、呕吐、腹痛、腹泻等症状,长期食用乙烯利含量超标的番茄还会加速衰老、腐蚀消化道、对大脑和肾脏有一定的损害,对人体有潜在的诱癌、致畸等多方面的危险<sup>[12-14]</sup>。鉴于乙烯利的中毒机理不

清楚,急性中毒救治无相应解毒药,对人体潜在的毒性尚无定论,所以,应建立相应的研究机构,加强乙烯利的毒性研究。

#### 参考文献

- [1] 张海英. 番茄的保健作用产品开发[J]. 山西食品工业, 2003(3): 17-195.
- [2] 郭潇. 果蔬中乙烯利残留量的分析及应用研究[D]. 保定: 河北农业大学, 2008.
- [3] 王宝山. 植物生理学[M]. 2 版. 北京: 科学出版社, 2007: 167-168.
- [4] 岳晖, 王文亮, 郭元娟, 等. 乙烯利在果蔬中的应用及其残留危害分析[J]. 中国食物与营养, 2009(9): 14-15.
- [5] 李新峥, 孔瑾, 张建伟, 等. 乙烯利不同催熟方式对番茄品质影响[J]. 北方园艺, 2001(2): 23-25.
- [6] 郭潇, 李丹红, 赵文, 等. 催熟番茄中的乙烯利残留量及产品品质分析[J]. 农药学报, 2008, 10(4): 464-468.
- [7] Peter M, Bramley. Regulation of carotenoid formation during tomato fruit ripening and development [J]. Journal of Experimental Botany, 2002, 53(377): 2107-2113.
- [8] Islam M S. Variability in Different Physical and Biochemical Characteristics of Six Tomato Genotypes According to Stages of Ripeness[J]. Bangladesh Journal of Botany, 1997, 26: 2137-22147.
- [9] 朱世明. 乙烯利不同催熟方式对番茄品质影响[J]. 湖南农业科学, 2003(6): 26-27.
- [10] GB2763-2005 食品中农药最大残留限量[S]. 北京: 中国标准出版社, 2005.
- [11] Haux J E, Lockridge O, Casida J E. Effects of currently used pesticides in assays for estrogenicity, androgenicity, and aromatase activity *in vitro*[J]. Toxicol Appl Pharmacol, 2002, 179(1): 1-12.
- [12] 于文辉, 高永泉, 赵文, 等. 乙烯利体内致突变性研究[J]. 农药学报, 2006, 8(2): 184-186.
- [13] 徐爱东. 我国蔬菜中常用植物生长调节剂的毒性及残留问题研究进展[J]. 中国蔬菜, 2009(8): 1-6.
- [14] Haux J E, Lockridge O, Casida J E. Specificity of ethephon as a butylcholinesterase inhibitor and phosphorylating agent[J]. Chem Res Toxicol, 2002, 15(12): 1527-1533.

## Review on Affection of Tomato Fruit Nutritional Quality from Ethylene

XU Ai-dong

(College of Life Science and Engineering, Jining University, Qufu, Shandong 273100)

**Abstract:** As widely application of ethephon in tomato production though out China caused common doubts on the quality of the fruit, this paper comprehensively reviewed indicators for the nutritional quality of tomato, including lycopene, vitamin C, organic acids, total sugar content, soluble solids et al. The affects of ethylene as ripening agent on tomato fruit nutritional quality were also illustrated in the article, so as to provide guidance of an integrated and correct recognition on effect of ethylene applied as ripening agent for tomato and scientific as well as rational use of ethylene as a reference.

**Key words:** ethephon; tomato; ripening; nutritional quality