

外源施钙对加工番茄果实硬度及品质 相关指标的影响

关志华^{1,2}, 程智慧¹

(1 西北农林科技大学 园艺学院, 陕西 杨凌 712100; 2 西藏农牧学院 植物科学技术系, 西藏 林芝 860000)

【摘要】【目的】明确外源钙对加工番茄果实硬度及品质的影响。【方法】以加工番茄品种“里格尔 87-5”和“石红 12”为材料, 在果实发育期定期叶面喷施不同浓度 CaCl_2 溶液, 分析成熟果实的硬度及品质指标与施钙的关系。【结果】与 CK(0 g/L)相比, 对于品种“里格尔 87-5”而言, 2, 4, 8 g/L 的 CaCl_2 处理分别可使果实产量增加 9.2%, 39.6% 和 14.2%, 果实硬度增加 9.34%, 5.09% 和 5.01%, PG 酶活性降低 21.08%, 17.73% 和 14.89%, 可溶性固性物含量增加 12.57%, 9.16% 和 8.64%, 番茄红素含量增加 42.86%, 42.86% 和 38.86%; 2 和 4 g/L CaCl_2 处理使有机酸含量分别增加 32.29% 和 12.11%; 2 g/L CaCl_2 处理使果实还原糖、总糖、Vc 含量和果实耐压力分别增加 10.57%, 22.10%, 10.24% 和 11.50%。对于品种“石红 12”而言, 2, 4, 8 g/L CaCl_2 处理分别使产量增加 58.6%, 38.0% 和 30.8%, 可溶性固性物含量增加 20.62%, 15.83% 和 14.39%, 番茄红素含量增加 81.16%, 150% 和 18.84%, PG 酶活性降低 21.01%, 43.19% 和 8.84%; 2 和 4 g/L CaCl_2 处理分别使果实硬度增加 3.10% 和 0.07%; 2 g/L CaCl_2 处理使果实还原糖、总糖、Vc、有机酸含量和果实耐压力分别增加 10.34%, 8.30%, 11.88%, 1.44% 和 8.81%。【结论】叶面喷施 2 g/L CaCl_2 , 是提高供试 2 个加工番茄品种产量和品质及增加果实硬度和耐压力的适宜质量浓度。

【关键词】 加工番茄; 外源施钙; 果实品质; 果实硬度

【中图分类号】 S641.206+.2

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2009)10-0145-06

Effects of foliage application of calcium on fruit firmness and quality related indexes in processing tomato

GUAN Zhi-hua^{1,2}, CHENG Zhi-hui¹

(1 College of Horticulture, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2 Plant Sci-Tech Department of Tibet Agricultural and Animal Husbandry College, Linzhi, Tibet 860000, China)

Abstract: 【Objective】The study clarified the effects of calcium application on fruit firmness and quality of processing tomato. 【Method】Calcium solution of different concentrations was foliage sprayed on processing tomatoes cv. Ligeer 87-5 and cv. Shihong 12 during fruit development in definite interval. The firmness and quality of ripened fruit were assayed. 【Result】For cv. Ligeer 87-5, treatments of 2, 4 and 8 g/L CaCl_2 increased fruit yield by 9.2%, 39.6% and 14.2%, increased fruit firmness by 9.34%, 5.09% and 5.01%, decreased PG enzyme activity by 21.08%, 17.73% and 14.89%, increased fruit soluble solids by 12.57%, 9.16% and 8.64%, increased lycopene content by 42.86%, 42.86% and 38.86%, respectively; treatments of 2 and 4 g/L CaCl_2 increased organic acid content by 32.29% and 12.11%; treatment of 2 g/L

* [收稿日期] 2009-01-09

[基金项目] 国家“十一五”科技支撑计划项目(2007BAD7901); 新疆建设兵团博士基金项目“加工番茄果实硬度栽培生理和生物育种技术研究”

[作者简介] 关志华(1981—), 女, 陕西宝鸡人, 讲师, 硕士, 主要从事蔬菜生理生态研究。

[通信作者] 程智慧(1958—), 男, 陕西兴平人, 教授, 博士生导师, 主要从事蔬菜栽培生理生态研究。

E-mail: chengzh@nwsuaf.edu.cn

CaCl₂ increased the contents of reducing sugar, total sugar and vitamin C, and fruit pressure resistance by 10.57%, 22.10%, 10.24% and 11.50% respectively. For cv. Shihong 12, treatments of 2, 4 and 8 g/L CaCl₂ increased fruit yield by 58.6%, 38.0% and 30.8%, increased fruit soluble solids by 20.62%, 15.83% and 14.39%, increased lycopene content by 81.16%, 150% and 18.84%, decreased PG enzyme activity by 21.01%, 43.19% and 8.84% respectively; treatments of 2 and 4 g/L CaCl₂ increased fruit firmness by 3.10% and 0.07% respectively; treatment of 2 g/L CaCl₂ increased the contents of reducing sugar, total sugar, vitamin C and organic acid, and fruit pressure resistance by 10.34%, 8.30%, 11.88%, 1.44% and 8.81% respectively. 【Conclusion】 Foliage application of 2 g/L CaCl₂ is taken as the practical concentration to improve yield and quality and to increase fruit firmness and pressure resistance for the two processing tomato cultivars.

Key words: processing tomato; foliage application of calcium; fruit quality; fruit firmness

加工番茄(*Lycopersicon esculentum* L.)是专门用作深加工的一类番茄品种,其主要被加工成番茄酱、番茄沙司、番茄粉、罐装番茄、番茄饮料、番茄红素等产品。果实硬度是影响加工番茄加工品质 and 生产效益的重要指标,硬度不够是造成采后果实加工前大批变软腐烂的重要原因,给生产者带来了极大的经济损失。西北地区光热资源丰富,温差大,降雨少,土地辽阔,是加工番茄理想的生产地^[1-2],种植加工番茄已成为当地的主导产业。但是,因目前主栽加工番茄品种均不同程度地存在果实硬度差的缺陷,加之种植规模大,采后运输和加工前处理技术粗放,使果实在采后运输途中出现挤压裂果,加工前大量烂果,不仅严重影响了加工产品质量,而且影响了生产效益。因此,提高加工番茄果实硬度是生产中亟待解决的关键问题。

作为调节植物体内代谢系统的重要因子及体内激素和环境信号传导第二信使,钙对植物组织的结构和功能具有重要作用,如维持细胞膜结构和功能的完整性,抑制组织内物质的外渗等。研究表明, Ca²⁺能提高植物组织过氧化物酶(POD)活性,刺激叶片细胞内 POD 的分泌,而 POD 多定位于细胞壁上,参与细胞壁的交联作用,与果实衰老密切相关。因此,叶面喷施钙可延缓果实成熟^[3],使果实软化延迟。但 Ca²⁺对果实生理生化的影响相当复杂,目前,对 Ca²⁺与果实细胞的 POD 活性及其分泌的关系了解得还比较少,在果实发育期进行外源施钙来提高加工番茄果实硬度和耐挤压性的研究尚未见报道。为此,本试验通过在加工番茄果实发育期叶面喷施不同质量浓度 CaCl₂,研究外源钙对果实硬度及其相关生理指标的影响,以期利用栽培措施提高加工番茄果实硬度提供理论依据和技术参考。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2005-03-07 在西北农林科技大学园艺场(34°17'N, 108°04'E)进行,该场土壤为重壤质娄土(系统分类名为土垫旱耕人为土(Earth-cumulo-orthic anthrosols)),肥力中等。试验地灌溉条件良好,耕层有机质含量 22.56 g/kg,无霜期 219 d,年降水量 635.1 mm,年蒸发量 993.2 mm,年平均气温 12.9℃,≥10℃的有效积温平均为 4 185℃。

1.2 供试加工番茄品种与试验设计

以加工番茄品种“里格尔 87-5”(用 L 表示)和“石红 12”(用 S 表示)为材料。03-23 日浸种催芽,03-25 播种育苗,04-09 分苗,04-23 定植,采用露地无支架栽培,按照加工番茄常规栽培技术进行管理。从基部果实膨大期开始实施叶(果)面喷施外源钙处理,每 15 d 喷施 1 次,共喷施 4 次,每次以充分喷湿叶面为度。外源钙用化学纯氯化钙试剂配制, CaCl₂ 质量浓度设 0 (CK), 2, 4, 8 g/L 4 个处理(即对“里格尔 87-5”为 L₁(CK)、L₂、L₃、L₄;对“石红 12”为 S₁(CK)、S₂、S₃、S₄),每品种按照单因子随机区组试验设计,小区面积 7.56 m²,每小区定植 40 株,3 次重复。

1.3 取样与指标测定

2005-07-04 对 2 个供试品种植株上达到红熟期的果实一次性分区采收,测产量后每小区随机取 20 个果实,洗净凉干,先测定硬度和耐压力,然后用果浆机打成果浆用于还原糖等指标的测定。还原糖、总糖和 Vc 含量分别用 3,5-二硝基水杨酸法、蒽酮比色法和钼蓝比色法测定^[4];有机酸含量用酸碱滴定法测定;可溶性固形物含量用糖量仪测定^[4];果实硬度用手持 GY-1 型果实硬度计测定^[5];果肉粘度

用 NDJ-8S 数字显示粘度计测定;耐压力用电子台称测量;PG 酶活性用 DNS 法测定^[6-7];番茄红素用丙酮和石油醚萃取法测定。测定结果用 DPS 分析软件进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 叶面施钙对加工番茄果实产量的影响

由表 1 可以看出,叶面施钙对 2 个供试加工番茄品种产量均有显著影响。“里格尔 87-5”的产量表

表 1 外源 Ca²⁺ 对 2 个供试加工番茄品种果实产量和硬度相关指标的影响

品种 Cultivar	Ca ²⁺ 质量浓度/ (g · L ⁻¹) Ca ²⁺ concentration	处理 代码 Code	产量/ (t · hm ⁻²) Yield	硬度/ (kg · cm ⁻²) Firmness	耐压力/kg Pressure resistance	PG 酶/ (U · g ⁻¹) PG enzyme
里格尔 87-5 Ligeer 87-5	0(CK)	L ₁	9.13 cC	13.17 cB	6.26 bB	23.58 aA
	2	L ₂	12.75 aA	14.40 aA	6.98 aA	18.61 bA
	4	L ₃	10.43 bB	13.84 bAB	6.27 bB	19.40 bA
	8	L ₄	9.97 bBC	13.83 bAB	6.70 abAB	20.07 bA
石红 12 Shihong 12	0(CK)	S ₁	9.52 bB	13.53 ab	6.70 b	23.99 aA
	2	S ₂	15.10 aA	13.95 a	7.29 a	18.95 bB
	4	S ₃	13.14 aAB	13.54 ab	7.19 ab	13.63 cC
	8	S ₄	12.45 aAB	13.38 b	6.65 b	21.87 abAB

注:同列数据后标不同小写字母者表示 $P<0.05$ 差异水平,标不同大写字母者表示 $P<0.01$ 差异水平。下表同。
Note:Data in the same column with different small letters show difference at $P<0.05$ level and different capital letters show difference at $P<0.01$ level. The same as below.

2.2 叶面施钙对加工番茄果实相关硬度指标的影响

2.2.1 果实硬度和耐压力 由表 1 可知,加工番茄品种“里格尔 87-5”的果实硬度与不同质量浓度外源钙处理的关系表现为 $L_2>L_3>L_4>L_1$ (CK),各质量浓度 Ca²⁺ 处理均有增加果实硬度的作用,但随着 Ca²⁺ 质量浓度的增加,果实硬度的增加幅度呈下降趋势;其中 L₂ 与 CK 有极显著差异,果实硬度增加 9.34%;L₃ 和 L₄ 与 CK 有显著性差异,果实硬度分别增加 5.09%和 5.01%。品种“石红 12”的果实硬度与不同质量浓度外源钙处理的关系表现为 $S_2>S_3>S_1$ (CK) $>S_4$,S₂ 和 S₃ 分别较 CK 的果实硬度增加 3.10%和 0.07%,高质量浓度 Ca²⁺ 处理(S₄)反而使果实硬度有所降低,但各处理与 CK 间的差异均未达到显著水平。

在品种“里格尔 87-5”上,果实耐压力与外源钙质量浓度的关系表现为 $L_2>L_4>L_3>L_1$ (CK),其中 L₂ 与 CK 有极显著差异,L₂ 处理的果实耐压力较 CK 增加 11.50%,而 L₃ 和 L₄ 处理果实的耐压力与 CK 无显著性差异。在“石红 12”上,果实耐压力与外源钙质量浓度的关系表现为 $S_2>S_3>S_1$ (CK) $>S_4$,其中 S₂ 与 CK 有显著性差异,该处理果实的耐

现为 $L_2>L_3>L_4>L_1$ (CK),其中 L₄ 与 CK 差异显著,L₂ 和 L₃ 与 CK 差异极显著,L₂、L₃ 和 L₄ 处理分别较 CK 增产 39.6%,14.2%和 9.2%;“石红 12”的产量表现为 $S_2>S_3>S_4>S_1$ (CK),其中 S₂ 与 CK 差异极显著,S₃、S₄ 与 CK 差异显著,S₂、S₃ 和 S₄ 处理分别较 CK 增产 58.6%,38.0%和 30.8%。由此可知,叶面施 Ca²⁺ 对 2 个加工番茄均有增产作用,其中以 2 g/L CaCl₂ 处理的增产作用最大,随着 CaCl₂ 质量浓度的继续增加,产量增幅呈下降趋势。

压力较 CK 增加 8.81%;S₃ 和 S₄ 处理果实的耐压力与 CK 间差异不显著。

以上结果表明,2 g/L CaCl₂ 处理有利于增加 2 个加工番茄品种果实的硬度和耐压力。

2.2.2 PG 酶活性 PG 酶是催化果实软化的重要酶类之一,是缩短加工番茄贮藏时间的主要影响因素。因此,降低果实中 PG 酶活性是提高加工番茄果实耐藏性的主要途径之一。由表 1 可以看出,对加工番茄品种“里格尔 87-5 而言”,与其 CK 相比,不同质量浓度外源 CaCl₂ 处理均可显著抑制果实中的 PG 酶活性,L₂、L₃、L₄ 处理的活性分别较 CK 降低 21.08%,17.73%和 14.89%。对加工番茄品种“石红 12”而言,与其 CK 相比,不同质量浓度外源 CaCl₂ 处理也均对果实 PG 酶活性有抑制作用,S₂、S₃、S₄ 处理的 PG 酶活性分别较 CK 降低了 21.01%,43.19%和 8.84%,其中 S₂、S₃ 处理与 CK 有极显著差异。综合分析认为,2 和 4 g/L CaCl₂ 分别是降低加工番茄“里格尔 87-5”和“石红 12”果实 PG 酶活性的适宜质量浓度。

2.2.3 果肉粘度 由图 1 可知,对于加工番茄品种“里格尔 87-5”,叶面喷施不同质量浓度的 CaCl₂ 均有增加果肉粘度的作用,且果肉粘度随着 CaCl₂ 处

理浓度的增大而增加。对于加工番茄品种“石红 12”,与其 CK 相比, S_2 处理具有增加果肉粘度的作用,而 S_3 和 S_4 处理对果肉粘度的影响不大。方差分析结果表明,各质量浓度 CaCl_2 处理与 CK 间的果肉粘度均无显著差异。

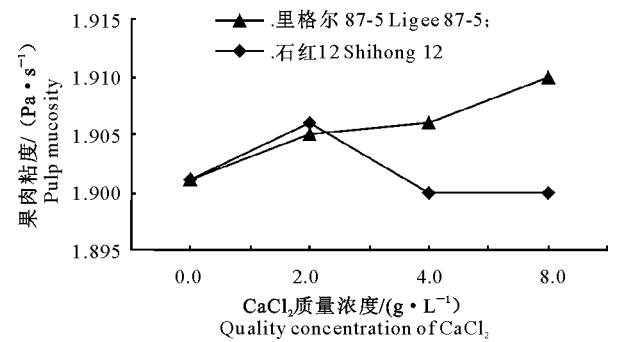


图 1 不同质量浓度 CaCl_2 对 2 个加工番茄品种果肉粘度的影响

Fig. 1 Effects of foliage application of CaCl_2 on pulp mucosity of two processing tomato cultivars

2.3 叶面施钙对加工番茄果实品质的影响

2.3.1 还原糖含量 由表 2 可以看出,加工番茄品种“里格尔 87-5”果实的还原糖含量与不同质量浓度外源 CaCl_2 处理的关系表现为 $L_2 > L_4 > L_1$ (CK) $>$

L_3 , L_2 和 L_3 处理与 CK 有极显著差异,其中 L_2 处理的还原糖含量较 CK 增加 10.57%, L_3 处理的还原糖含量较 CK 减少 8.04%,而 L_4 处理与 CK 无显著性差异。“石红 12”果实的还原糖含量与外源 CaCl_2 处理的关系表现为 $S_2 > S_3 > S_1$ (CK) $> S_4$,其中 S_2 处理与 CK 有极显著差异,其果实的还原糖含量较 CK 增加 10.34%,而 S_3 和 S_4 处理与 CK 无显著性差异。综合分析认为,叶面喷施 2 g/L CaCl_2 是提高加工番茄“里格尔 87-5”和“石红 12”还原糖含量的适宜质量浓度。

2.3.2 总糖含量 由表 2 可以看出,“里格尔 87-5”果实总糖含量与外源 CaCl_2 处理的关系表现为 $L_2 > L_4 > L_3 > L_1$ (CK),其中 L_2 处理的总糖含量较 CK 增加 22.10%,差异达显著水平; L_3 和 L_4 处理的总糖含量与 CK 差异不显著。“石红 12”果实总糖含量与外源 CaCl_2 处理的关系表现为 $S_2 > S_4 > S_1$ (CK) $> S_3$,其中 S_2 处理的总糖含量较 CK 增加 8.30%,差异达显著水平; S_3 和 S_4 处理的总糖含量与 CK 无显著差异。综合分析认为,叶面喷施 2 g/L CaCl_2 是提高 2 种加工番茄果实总糖含量的适宜质量浓度。

表 2 外源 Ca^{2+} 对 2 个供试加工番茄品种果实营养品质的影响

品种 Cultivar	Ca^{2+} 质量浓度/ ($\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$) Ca^{2+} concentration	处理 代码 Code	还原糖/ ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$) Reducing sugar	总糖/ ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$) Total sugar	维生素 C/ ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$) Vc	有机酸/ ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$) Organic acid	可溶性固形物/ ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$) Soluble solids	番茄红素/ ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$) Lycopene
里格尔 87-5 Ligeer 87-5	0 (CK)	L_1	12.3 bB	133.5 b	1.14 bB	22.3 bB	38.2 cB	17.5 bB
	2	L_2	13.6 aA	163.0 a	1.26 aA	29.5 aA	43.0 aA	2.50 aA
	4	L_3	11.2 cC	140.4 b	0.95 dC	25.0 bAB	41.7 bA	2.50 aA
	8	L_4	12.6 bB	152.1 ab	1.04 cC	21.8 bB	41.5 bA	2.43 aAB
石红 12 Shihong 12	0(CK)	S_1	14.5 bB	81.9 bAB	1.12 bB	27.8 aA	41.7 bB	1.38 cC
	2	S_2	16.0 aA	88.7 aA	1.26 aA	28.2 aA	47.7 aA	2.50 bB
	4	S_3	14.9 bB	77.9 bB	1.14 bAB	24.2 bB	50.3 aA	3.45 aA
	8	S_4	14.0 bB	83.3 abAB	0.98 cC	22.9 bB	48.3 aA	1.64 cBC

2.3.3 Vc 含量 由表 2 可以看出,“里格尔 87-5”果实的 Vc 含量与外源 CaCl_2 处理的关系表现为 $L_2 > L_1$ (CK) $> L_4 > L_3$, L_2 、 L_3 和 L_4 处理均与 CK 有极显著差异,其中 L_2 处理的 Vc 含量较 CK 增加 10.24%。“石红 12”果实的 Vc 含量与外源 CaCl_2 处理的关系表现为 $S_2 > S_3 > S_1$ (CK) $> S_4$,其中 S_2 和 S_4 处理与 CK 均有极显著差异, S_2 处理果实中的 Vc 含量较 CK 增加 11.88%,而 S_4 处理的 Vc 含量较 CK 降低 12.76%。综合分析认为,叶面喷施 2 g/L CaCl_2 是提高加工番茄果实 Vc 含量的适宜质量浓度。

2.3.4 有机酸含量 酸度是决定加工番茄果实适

口性的主要品质指标之一。由表 2 可知,不同质量浓度 CaCl_2 对 2 个加工番茄品种果实的有机酸含量均有影响。对品种“里格尔 87-5”而言,各处理的影响大小依次表现为 $L_2 > L_3 > L_1$ (CK) $> L_4$,与 CK 相比, L_2 处理果实的有机酸含量较 CK 提高 32.29%,差异达极显著水平; L_3 处理的有机酸含量较 CK 提高 12.11%,但差异不显著; L_4 处理的有机酸含量较 CK 略有降低。对品种“石红 12”而言, S_2 处理果实的有机酸含量较 CK 提高 1.44%,但 S_3 和 S_4 处理均极显著降低了果实有机酸含量,二者分别较 CK 降低 12.95%和 17.66%。表明叶面喷施 2 g/L CaCl_2 对提高加工番茄果实有机酸含量较为适

宜。

2.3.5 可溶性固形物含量 可溶性固性物含量是加工番茄加工品质的主要影响因素之一^[7]。由表 2 可知,与 CK 相比,不同质量浓度的 CaCl_2 处理均可极显著增加 2 个供试加工番茄品种的可溶性固性物含量。对品种“里格尔 87-5”而言, L_2 、 L_3 、 L_4 处理果实的可溶性固性物含量分别较 CK 提高 12.57%,9.16%和 8.64%;对品种“石红 12”, S_2 、 S_3 、 S_4 处理果实的可溶性固性物含量分别较 CK 提高 14.39%,20.62%和 15.83%。

2.3.6 番茄红素含量 番茄红素含量是衡量加工番茄品质的最重要因素之一^[7],番茄红素含量越高,品质越好。由表 2 可知,不同质量浓度 CaCl_2 对 2 个供试加工番茄品种果实的番茄红素含量均有影响。对品种“里格尔 87-5”而言, L_2 、 L_3 和 L_4 处理果实的番茄红素含量分别较 CK 提高 42.86%,42.86%和 38.86%,其中 L_2 和 L_3 与 CK 差异极显著, L_4 与 CK 差异显著;对品种“石红 12”而言, S_2 、 S_3 、 S_4 处理果实的番茄红素含量分别较 CK 提高 81.16%,150.00%和 18.84%,其中 S_2 和 S_3 与 CK 差异极显著,而 S_4 与 CK 差异不显著。

3 讨 论

一般认为,果肉软化与细胞壁构成的主要成分纤维素、半纤维素和果胶质及与其相关的分解酶活性变化有密切关系。因此,充分把握番茄品种的成熟软化特性,通过适当农艺措施及对流通环节的环境控制,可以最大限度地保持果实采收时的硬度^[8]。在果实发育期采用适当质量浓度的钙处理,不仅可以提高果实中一些营养元素的含量^[9],而且还可以使果实在采收后的一定时期内保持采收时的硬度^[10],并能延缓成熟和衰老^[11]。果实中低 Ca^{2+} 含量会促进果肉瓦解^[12],而胞质中 Ca^{2+} 含量过高时又对细胞有毒害作用^[13]。因此,筛选适宜加工番茄果实发育期进行叶面喷施处理的 Ca^{2+} 质量浓度,无疑具有重要的现实意义。

本试验发现,在果实发育期叶面喷施不同质量浓度的 CaCl_2 ,对加工番茄“里格尔 87-5”和“石红 12”的果实硬度及相关生理指标几乎都有不同程度的促进作用,其中 2 g/L CaCl_2 对提高果实产量和品质及提高果实硬度等指标,均表现出最好或较好的效果,可以在生产中示范应用。

果实硬度和品质的变化受多种生理因子、作物基因型、作物生长环境以及栽培农艺措施等多方面

因素的影响^[14-15]。生理因子对果实硬度的作用非常复杂,如在果实的衰老过程中,果肉组织由硬变软,同时伴随有细胞结构的变化。果胶质在果实成熟之前呈不溶状态,此时果肉质地坚硬,细胞结构完整;但在果实后熟过程中,随着 PG 酶活性的不断提高,果胶质逐步降解为可溶性果胶,细胞结构也随之受损,果肉硬度迅速下降。人们曾尝试利用反义 RNA 技术,将反义 PG 基因导入番茄植株以提高果实硬度,结果表明,转基因番茄中 PG 酶活性被不同程度地抑制^[10](低的仅为正常植株的 1%),果胶的降解受到限制,但果实成熟过程中乙烯合成、叶绿素降解和番茄红素形成并未受到明显影响,果实成熟和软化时间也没有显著延缓。并且转基因加工番茄抗裂果、抗机械损伤和抗次生真菌感染的能力得以提高,加工性能明显改善。因此,PG 酶活性及果皮超显微结构与果实硬度的关系还值得作进一步深入研究。

[参考文献]

- [1] 张小玲,马海刚,赵 黎,等.新疆加工番茄营养特性及专用肥最佳配方的研究[J].新疆农业科学,2002,39(5):278-282.
Zhang X L, Ma H G, Zhao L, et al. Research on nutritive characteristics and formula of special fertilizer for Xinjiang processing tomato [J]. Xinjiang Agricultural Sciences, 2002, 39(5): 278-282. (in Chinese)
- [2] 李君明,徐和金,周永健.加工番茄生产的现状及品种遗传改良浅析[J].中国蔬菜,2001(6):52-53.
Li J M, Xu H J, Zhou Y J. A primary interview on the state of production and variety heredity improvement of processing tomato [J]. China Vegetables, 2001(6): 52-53. (in Chinese)
- [3] Cheour F, Willemot C, Arul J, et al. Postharvest reponse of two strawberry cultivars to foliar application of CaCl_2 [J]. Hort-Science, 1991, 26: 1186-1188.
- [4] 高俊凤.植物生理实验技术[M].西安:世界图书出版公司,2000:145-163.
Gao J F. Experimental technique of plant physiology [M]. Xi'an: World Publishing Corporation, 2000. (in Chinese)
- [5] 林河通,席煌芳,陈绍军.黄花梨果实采后软化生理基础[J].中国农业科学,2003,36(3):349-352.
Lin H T, Xi Y F, Chen S J. Postharvest softening physiological mechanism of Huanghua pear fruit [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2003, 36(3): 349-352. (in Chinese)
- [6] 彭丽桃,杨书珍.采后两种不同果肉类型油桃软化相关酶活性的变化[J].热带亚热带植物学报,2002,10(2):171-176.
Peng L T, Yang S Z. Changes in softening-related enzymes in melting and nonmelting flesh nectarines after harvest [J]. Journal of Tropic and Subtropic Botany, 2002, 10(2): 171-176. (in Chinese)
- [7] 梁小蛾,王三宝,赵迎丽,等.枣采后果肉软化的生化和细胞超

微结构变化 [J]. 园艺学报, 1998, 25(4): 333-337.

Liang X E, Wang S B, Zhao Y L, et al. Postharvest biochemical and ultrastructural changes in flesh of Chinese jujube fruits during softening [J]. Acta Horticulturae Sinica, 1998, 25(4): 333-337. (in Chinese)

[8] 陈丽璇, 陈丽虹, 尤瑞琛, 等. 草莓果实成熟过程中品质的变化 [J]. 亚热带植物通讯, 1999, 28(1): 5-8.

Chen L X, Chen L H, You R C, et al. Study on the qualitative changes of strawberry fruits during ripening [J]. Subtrop Plant Res Commun, 1999, 28(1): 5-8. (in Chinese)

[9] 李君明, 徐和金, 周永健. 有关加工番茄中可溶性固形物和番茄红素的研究进展 [J]. 园艺学报, 2001, 28(增刊): 661-668.

Li J M, Xu H J, Zhou Y J. The advance of the research on soluble solid and lycopene in tomato fruit [J]. Acta Horticulturae Sinica, 2001, 28(Suppl): 661-668. (in Chinese)

[10] 薛彦斌, 高桥绫, 中村怜之辅. 番茄果实采后硬度变化的理化解析 [J]. 保鲜与加工, 2002(6): 19-20.

Xue Y B, Aya Takahashi, Reinosuke Nakamura. Physical and chemical analyzation on firmness change of tomato fruit [J]. Storage and Process, 2002(6): 19-20. (in Chinese)

[11] 陈丽璇, 陈丽虹, 庄荣福. 田间喷钙对草莓果实和叶片营养元素含量的影响 [J]. 园艺学报, 2003, 30(4): 449-451.

Chen L X, Chen L H, Zhuang R F. Effects of caluim spray on nutrient element contents in fruit and leaf of strawberry [J]. Acta Horticulturae Sinica, 2003, 30(4): 449-451. (in Chinese)

[12] 段学武, 张昭其, 季作梁. PG 酶与果实的成熟软化 [J]. 果树学报, 2001, 18(4): 229-233.

Duan X W, Zhang Z Q, Ji Z L. Advances in research on the relationship between polygalcturonase and fruit softening [J]. Journal of Fruit Science, 2001, 18(4): 229-233. (in Chinese)

[13] 尤瑞琛, 刘鸿洲, 赖孟洪, 等. 钙处理对中华猕猴桃果实后熟过程的影响 [J]. 亚热带植物通讯, 1997, 26(2): 18-22.

You R C, Liu H Z, Lai M H, et al. Effects of calcium treatments on postharvest ripening of *Actinidia chinensis* fruits [J]. Subtrop Plant Res Commun, 1997, 26(2): 18-22. (in Chinese)

[14] 尤瑞琛, 林丽榕, 陈丽璇, 等. 钙处理对贮藏过程中的荔枝果品质的影响 [J]. 山东师范大学学报: 自然科学版, 1991, 12(4): 414-418.

You R C, Lin L R, Chen L X, et al. The effect of calcium treatment on the quality of litchee fruits during storage [J]. Journal of Shandong Normal University; Nat Sci Edit, 1991, 12(4): 414-418. (in Chinese)

[15] Withey G W. Mineral distribution in abocado trees with reference to calcium cycling and fruit quality [J]. Sci Hort, 1990, 44(3/4): 279-281.

(上接第 144 页)

[19] 林辰壹, 程智慧. 大蒜提取液对食用菌杂菌的抑制作用 [J]. 食用菌学报, 2000, 7(1): 62-64.

Lin C Y, Cheng Z H. The inhibition effect of *Allium sativum* bulb extract on edible fungi competition moulds [J]. Acta Edulis Fungi, 2000, 7(1): 62-64. (in Chinese)

[20] 林辰壹, 郑成锐, 程智慧. 新疆吉木萨尔白皮蒜提取液对瓜类病原菌抑杀效应研究 [J]. 新疆农业大学学报, 2002, 25(2): 53-56.

Lin C Y, Zheng C R, Cheng Z H. The inhibitory effects of garlic (*Allium sativum* L.) extract on pathogenic fungi of gourds [J]. Journal of Xinjiang Agricultural University, 2002, 25(2): 53-56. (in Chinese)

[21] 宋 莉, 程智慧, 孟焕文. 大蒜鳞茎粗提物对西瓜枯萎病菌的抑杀效应 [J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2007, 35(3): 135-138.

Song L, Cheng Z H, Meng H W. Study on inhibitive effects of garlic bulb crude extracts on *Fusarium oxysporium* f. niveum Snyder et Heansen [J]. Journal of Northwest A&F University; Nat Sci Ed, 2007, 35(3): 135-138. (in Chinese)