

果实成熟软化过程中主要相关酶作用的研究进展

程杰山¹, 沈火林¹, 孙秀波², 杨学妍¹, 张梅², 连序海²

(1. 中国农业大学 农学与生物技术学院蔬菜系 北京 100094; 2. 中国农业大学 烟台校区, 山东 烟台 264002)

摘要:果实成熟软化的外在表现是硬度下降、质地变软, 硬度和质地是果实成熟标准和果实品质的重要指标, 影响到果实采前采后处理方法、货价期的长短及其风味、口感等。因此, 了解果实成熟软化过程中主要相关酶的作用机理及其与果实软化的关系, 可以提供通过基因改良和作物育种控制果实软化的方法。现对果实成熟软化相关的多聚半乳糖醛酸酶(PG)、果胶甲酯酶(PME)、 β -半乳糖苷酶、葡聚糖内切酶(EGase)(CMCase)和木葡聚糖内切转糖基酶(XET)等的几种主要酶的研究进展进行了综述。

关键词:果实; 成熟软化; 细胞壁; 水解酶

中图分类号: Q 945.6⁺5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2008)01-0049-04

在果实中存在许多不同的细胞壁调节酶, 由于不同类型的果实其细胞壁结构不同, 而且在成熟过程中其结构的改变程度也不同, 造成了不同品种果实质地改变和软化方式千差万别, 所以, 不同类型的果实在成熟过程中需要不同的酶的活动来催化, 而且代谢关键酶也不尽相同^[1]。在果实的成熟过程中, 这些酶往往是相互作用的, 其中一种酶的活性往往受到另一种酶的限制或需要其他酶的活性, 如番茄细胞壁组分的降解中, 某些酶对另一些酶来讲是必须的^[2]。某些酶的活动在植物整个生长发育过程中都存在, 在成熟时活性增加或减少, 而另外一些酶具有成熟特异性, 只在成熟期间出现。可能所有的果实都含有相同种类的酶, 但在不同的果实中酶表达的水平各不相同。例如, 番茄的 PG 酶活性很高, 而 endo-1, 4- β -D 葡聚糖酶(EGase)活性很低, 然而在鳄梨中, endo-1, 4- β -D 葡聚糖酶(EGase)活性很高^[3]。

1 多聚半乳糖醛酸酶(PG)

1.1 PG 的催化功能

多聚半乳糖醛酸酶(PG)可以催化果胶分子中 α -(1, 4)-聚半乳糖醛酸的裂解, 从而参与果胶的降解, 促进果实软化。多聚半乳糖醛酸酶(PG)有内切(endo)和外切(exo)两种类型。Exo-PG(EC. 3. 2. 1. 67)使多聚半乳糖醛酸链的非还原末端逐个水解, endo-PG(EC. 3. 2. 1. 15)则可从分子中间随机裂解多聚半乳糖醛酸。果实成熟特异性的 PG 酶一般指内切作用类型, 但内切和外切 PG 均在果实中存在^[4]。PG 在细胞壁上的底物主要是位于细胞壁上并高度甲酯化的同型半乳糖醛酸, 它们

必须先脱去甲醇基后才能被 PG 所作用。

1.2 PG 在果实成熟过程中活性的变化

尽管由于品种不同在果实中检测到的 PG 含量差异很大, 但 PG 活性增加长期以来一直被认为与果实成熟密切相关, 在成熟过程中的番木瓜^[5]、鳄梨^[6]、番茄^[7]和桃^[8]的果实中, PG 活性很高, 表明了 PG 与果实成熟的密切关系。杨德兴^[9]等发现猕猴桃果实成熟过程中 PG 的活性很高, 果实软化和果胶的溶解呈很好的相关性。薛彦斌^[10]等研究认为青梅果实采后急速软化的主要原因在于 PG、PME 的活性增大, 导致果内细胞壁多糖物质中的果胶物质含量发生变化, 特别是水溶性果胶含量上升。但在其它一些品种如草莓^[11]中, 虽然果实成熟过程中可溶性果胶大量增加却检测不到 PG 的活性, 也有相反的报道检测到了 PG 的活性和 PG mRNA, 似乎表明在某些果实中, PG 活性较低而且既不稳定也需在特定环境条件下才能检测到。在番茄果实中, PG 活性在成熟以前检测不到, 但 PG mRNA 在果实转色期或成熟开始时开始出现并且在成熟的早期活性增加^[12]。

1.3 PG 对果实成熟软化的作用

在果实成熟过程中, PG 对于果胶多聚物的降解和溶解性增加有重要作用, 但是 PG 对于果实的软化既不是必须的也不是足够的, 可能对果实软化的贡献只是很小的一部分。然而在反义 RNA 试验中 PG 活性的抑制是不完全的, 仍有 0.5% PG 活性保留, 正常番茄本身的 PG 水平很高, 所以这 0.5% 也不能忽略不计。最近鉴定出了 PG 基因被破坏的番茄株系, Cooley 等用插入失活的方法, 选择番茄 PG 基因具有 Ds(解离子)的插入突变, 几乎完全消除了 PG 的活性, 在这些果实中果胶物质的降解原因有待进一步探讨^[13]。

在反义 PG 植株果实的品质检测中发现了意想不到的表现型, 果实的许多采后品质大大改善, 包括货价

第一作者简介: 程杰山(1969-), 男, 中国农业大学蔬菜系 硕士研究生, 研究方向为蔬菜遗传育种。E-mail: chengjieshan@163.com.

通讯作者: 沈火林。E-mail: shl1606@163.com.

收稿日期: 2007-07-27

期的时间、对裂果的抗性、抗真菌侵染、加工性能等。这些物理属性的改善可能主要是由于在 PG 抑制果实中减少了细胞分离改善了组织的结构完整性^[14]。

2 果胶甲酯酶(PME)

2.1 PME 的催化功能

多聚半乳糖醛酸以高度甲酯化的形式存在于细胞壁上,在细胞发育的过程中去甲酯化。在番茄果实成熟过程中,细胞壁果胶甲酯化程度从绿熟期的 90%降到红熟期的 35%,这一任务就是由 PME(EC. 3. 1. 1. 11)完成的^[15]。PME 广泛存在于高等植物中,它的作用是水解果胶分子中甲酯化的 C₆羧基,使之生成多聚半乳糖醛酸和甲醇,果胶去甲酯化后,其上三个羧基基团改变了细胞壁 pH 和电位,以 Ca 桥连接的果胶胶体结构容易被 PG 降解,因此 PME 的活动似乎是 PG 活动的必要前提^[16]。

2.2 PME 在果实成熟过程中的活性变化

在许多果实的成熟衰老过程中,PME 的活性增加,因此可能参与了果实的降解代谢^[8, 17]。但也有研究表明,PME 在果实软化过程中的作用并不是很重要,因为在果实软化之前,或在果实未成熟前的生长发育阶段,果实内的 PME 活性就很高,因此 PME 可能参与了与果实软化无关的细胞壁代谢的其它方面^[18]。王贵禧等^[19]认为 PME 能通过促进细胞壁的部分自溶而使细胞膨大,这可能是 PME 存在于正在生长发育的果实中的作用之一。在鳄梨中,PME 活性在果实成熟时急剧下降,在呼吸跃变高峰前夕达到最小值^[20]。

2.3 PME 对果实成熟软化的作用

PME 活性的抑制和果胶代谢的改变,包括减少果胶物质降解,并不影响成熟过程中的果实软化,但在完熟的果实中几乎引起组织完整性的完全丧失,这与可溶性 Ca 增加以及 Na 和 Mg 的减少有关,这说明细胞壁结合二价离子的能力减弱对组织完整性有破坏作用,这其中部分原因是果胶间 Ca 交叉桥的减少,细胞壁中离子和物理环境的改变也影响其它细胞壁水解酶如 PG 的活性,因而抑制 PME 的活性在贮藏期间果实衰老过程中对组织完整性有负面影响,与抑制 PG 活性增加果实完整性与货架期的作用正好相反,然而,抑制 PME 活性后许多果实的加工属性得到改善,反义 PME 果实的原果汁中可溶性固形物增加 20%,总的干物质和粘度也增加^[3]。这是因为多聚醛酸分子大量增加,而高度甲酯化的多聚醛酸果胶物质可以阻止 PG 对果胶带水解。

PME 能水解果胶物质中的甲醇基而使其去甲酯化,有利于 PG 对多聚半乳糖醛酸底物的接近,因此,PME 的活性似乎是 PG 的必要前提,PME 在果实成熟过程中对果实软化作用很小,但在衰老过程中大大影响组织结构完整性和果实品质。

3 β -半乳糖苷酶

3.1 β -半乳糖苷酶的催化功能

成熟果实细胞壁发生的最大的改变是半乳糖残基从细胞壁多聚物上的丧失^[21]。在番茄中,多聚半乳糖的降解和游离半乳糖的增加在果实成熟的早期开始并随着果实成熟不断增加,尽管中胶层聚糖和纤维素片断也观测到少量的改变,但主要是果胶片断^[22]。

3.2 β -半乳糖苷酶的同工酶

从番茄果实中提纯的 β -半乳糖苷酶可以分离出 3 种同工酶,分别是 β -半乳糖苷酶 I、II 和 III^[23]。所有这 3 种同工酶都作用于模式底物对硝基苯基- β -D-半乳糖吡喃糖苷,但只有 β -半乳糖苷酶 II 作用于从番茄细胞壁分离的富含 1,4- β -D-半乳糖的多聚物^[23]。这一点与 β -半乳糖苷酶 II 是一种外切酶相一致,但由于该酶作用于许多种半乳糖苷物质,因此严格地讲,应被称为 β -D-半乳糖苷酶/外切半乳糖酶^[24]。

3.3 β -半乳糖苷酶在果实成熟过程中活性的变化

在番茄果实发育过程中总的半乳糖苷酶活性很高而且在果实发育和成熟过程中没有太大改变,然而在检测单个同工酶的活性时,在绿色果实中, β -半乳糖苷酶 I 和 III 活性高并且在果实成熟时下降,而 β -半乳糖苷酶 II 在绿色果实中活性低或检测不到,却在果实成熟时增加 7 倍^[25]。

在不能软化的 rin (ripening inhibited) 和 nor (non-ripening) 番茄成熟突变体中,细胞壁半乳糖的丧失和游离半乳糖的增加大大减少,与成熟有关的 β -半乳糖苷酶 II 活性检测不到^[24]。

在尖椒果实中, β -半乳糖苷酶的活性在成熟过程中增加 15 倍^[25],层析分析表明至少存在 4 种同工酶,这些同工酶的特性有待进一步研究。

3.4 β -半乳糖苷酶对果实成熟软化的作用

综上所述,在果实成熟过程中细胞壁半乳糖的丧失是由于 β -半乳糖苷酶/外切半乳糖酶活性增加。细胞壁半乳糖的丧失对果实软化起重要作用,也与果实质地改变密切相关。在外切半乳糖酶活性抑制的果实中硬度增加可能是由于直接减少了半乳糖的丧失,增加了果胶半乳糖侧链从而增加了细胞壁机械强度。然而,在果实成熟早期减少外切半乳糖酶与减少果实软化密切相关,而在果实成熟后期减少半乳糖酶活性与果实软化相关不大,表明 β -半乳糖的降解抑制对果实软化的影响可能是间接的,也许是通过阻止成熟过程中细胞壁通透性的增加,妨碍了其它酶对果胶和其它多聚物底物的接近,因而防止和延缓了结构多糖的降解^[26]。

4 葡聚糖内切酶 (endo-1, 4 β -D-glucanase) (EGase)

4.1 葡聚糖内切酶的催化功能

细胞壁中胶层多糖在果实成熟过程中发生大量降解被认为是造成果实软化的主要原因^[1, 27],引起这一解聚作用的酶还没有完全明确,但可能包括 EGase (EC. 3.

2.1.4), 这些酶通常被称为纤维素酶, 但在高等植物中大多不含有在微生物纤维素酶中发现的纤维素结合位点, 因而高等植物的纤维素酶不能降解晶体纤维素^[28]。EGase 可以水解邻接非取代残基的葡聚糖链上的 1, 4- β -D-糖苷键。在体外 EGase 对木葡聚糖、细胞寡糖、非晶体纤维素和模式底物羧甲基纤维素(CMC)都具有水解活性^[29]。在细胞壁中, EGase 的底物可能包括木葡聚糖、非晶体纤维素表面部位(特别是纤维素微纤丝的外层, 葡聚糖链和木葡聚糖链交叉的部位), 也可能包括葡聚甘露糖, 其上由连续的 1, 4- β -D-糖苷键连接成的葡聚糖有利于底物与酶的结合。

4.2 葡聚糖内切酶的同工酶

在成熟果实中, 多种 EGase 同工酶被鉴定分离, EGase 是由大的分散的多基因家族编码的, 在番茄中至少有 8 个基因成员^[30]。EGase 活性在几乎所有品种的果实中都被发现, 但数量差异很大, 在相同鲜重条件下, 在鳄梨中的活性是桃的 160 倍, 是番茄的 770 倍^[31]。EGase mRNA 的积累水平相对较低, 在成熟的番茄果实中, PG 的 mRNA 积累是 EGase 的数百倍, 用总 RNA 凝胶定位法测定时低于检测水平。在不能软化的 rin 果实中用乙烯处理使 cel1 能够高度表达表明 cel1 mRNA 的单独积累不足以引起果实软化, 而 cel2 mRNA 的缺乏与该基因产物具有果实软化作用相一致。

4.3 葡聚糖内切酶在果实成熟过程中的活性变化

在鳄梨中, CMCase 对溶解的木葡聚糖活性很低, 而对由 1, 4- β -葡萄糖和细胞寡糖形成的羧甲基纤维素(CMC)(非木葡聚糖)活性很高, 表明 CMCase 类型的 EGase 对木葡聚糖不起作用, 木葡聚糖的降解是由其它酶造成的, 然而鳄梨细胞壁的降解与其它果实不同, 只有少量的中胶层多糖解聚, 而辣椒和番茄类似, 包括了大量多糖的解聚, 即使把 cace1 活性抑制到非常低的水平这一降解仍然发生, 所以 CMCase 类型的 EGase 对辣椒果实中与成熟相关的木葡聚糖以及其它多糖的降解不是必须的^[32]。

4.4 葡聚糖内切酶对果实成熟软化的作用

综合以上分析, 当 EGase 的 mRNA 积累受到抑制时, 中胶层多糖在成熟过程中能正常降解, 而高水平的 EGase 活性对这一降解过程也无太大影响, 因此 EGase 在果实成熟过程中对细胞壁的改变作用仍不清楚, 可能对非晶体纤维素的降解起主要作用, 但对木葡聚糖的活性较低, 推测可能存在专一的木葡聚糖酶, 不同果实中内切葡聚糖酶(EGase)对细胞壁多聚物的降解活性很不相同, 确切的内切葡聚糖酶(EGase)作用仍不清楚。

5 木葡聚糖内切转糖基酶(XETs)(EXGT)

5.1 木葡聚糖内切转糖基酶的催化功能

木葡聚糖的内部裂解不仅能由 EGase 不可逆地实现, 也可以由 XET 的活性而可逆进行, XETs(EC.2.4.1.207)也称为内切-木葡聚糖转移酶(EXGT)。这些酶能

够裂解木葡聚糖的 1, 4- β -D-葡聚糖的内部键, 并将新形成的葡萄糖还原性末端转移到其它木葡聚糖多聚物或寡糖的非还原性末端的葡萄糖单体的 C4 位置上。在反应过程中, XET 形成一个相对稳定的糖基-酶中间复合物并通过优先转移糖基到木葡聚糖受体而解离, 或通过缓慢水解而解离^[33]。

5.2 木葡聚糖内切转糖基酶在果实成熟过程中的活性变化

在番茄、苹果和杨桃中, 在幼果膨大期 XETs 活性很高, 果实成熟过程中下降, 果实完熟时又稍有增加^[34], 这可能是由于不同基因产物造成的, 因为在番茄中, le-EXGT1 在生长的下胚轴中积累水平很高, 在果实中也积累但只在幼果膨大期积累, 另一不同 XET 基因的 mR-NA, 在成熟的粉红果中达到最大值然后在红熟期缓慢下降^[35], 可能该基因的产物使 XET 活性在成熟过程中少量增加, 番茄 leEXGT1 的 mRNA 积累在下胚轴中受到生长素的调控, 推断在果实中也是如此。在杨桃中与成熟有关的 XET 的活性受乙烯的正调控^[36]。

5.3 木葡聚糖内切转糖基酶对果实成熟软化的作用

XETs 被认为能够整合新合成的木葡聚糖进入细胞壁, 在果实生长过程中引起细胞壁松弛, 生长后保持细胞壁结构的稳定, 另外也参与了细胞壁代谢的其它方面^[37]。存在于非常幼小果实中的高水平的 XETs 能促进细胞分裂、膨大和果实生长, 但 XETs 引起果实软化的作用仍然是一个谜, 在杨桃成熟果实中的 XETs 有水解作用, 不论木聚葡糖寡糖是否存在, 都可引起木聚葡糖的降解, 在番茄成熟果实中的 XETs 没有水解活性, 在没有木聚葡糖寡糖存在时不能引起木聚葡糖的降解, 但仍可以在细胞壁中重新排列木聚葡糖的交叉连接引起细胞壁松弛。XETs 的活动在成熟过程中也可通过整合新合成的木聚葡糖到细胞壁上从而起到保持细胞壁稳定的作用^[37]。

参考文献

- [1] Huber D J. The role of cell wall hydrolases in fruit softening [J]. Hort. Rev. 1983, 5: 169-219.
- [2] Brummell DA, Harpster M H. Cell wall metabolism in fruit softening and quality and its manipulation in transgenic plants [J]. Plant Molecular Biology, 2001, 47: 311-340.
- [3] Ronald J N. Characterization of hydrolytic activity of avocado cellulose [J]. Plant cell physiol. 1986, 27(3): 541-552.
- [4] Hadfield K A, Bennet A B. Polygalacturonases: many genes in search of a function [J]. Plant physiol 1991, 117: 337-343.
- [5] Paull R E, Chen N J. Post harvest variation in cell wall degrading enzymes of papaya during fruit ripening [J]. Plant physiol. 1983, 72: 382-385.
- [6] Awad M, Young R E. Post harvest variation in cellulose polygalacturonase and pectin methylesterase in avocado fruit in relation to respiration and ethylene production [J]. Plant physiol. 1979, 64: 306-308.
- [7] Pressey R. Changes in polygalacturonase isoenzymes and convert in tomato during ripening [J]. Hort science, 1986, 21(5): 1183-1185.
- [8] Pressey R, Hinton D M, Avants J K. Development of polygalacturonase activity and solubilization of pectin in peaches during ripening [J]. J Food Sci, 1971, 36: 1070-1073.

- [9] 杨德兴. 猕猴桃衰老过程中 PG、果胶质和细胞壁超微结构的变化[J]. 园艺学报, 1993, 20(4): 341-345.
- [10] 薛彦斌, 久保隆隆, 稻叶昭次, 等. 青梅果实的采后成熟特性和肉质变化. 中国南方果树, 1999, 28(3): 34-37.
- [11] Huber D J. Strawberry fruit softening: The potential roles of polyuronides and hemicelluloses[J]. 1984, J. Food Sci. 49: 1310-1315.
- [12] Smith C J S, Watson C F, Ray J, et al. Antisense RNA inhibition of polygalacturonase gene expression in transgenic tomato[J]. Nature, 1988, 334: 724-727.
- [13] Della Penna D, Lashbrook C C, Toenjes K, et al. Polygalacturonase isozymes and pectin depolymerization in transgenic rin tomato fruit[J]. Plant Physiol. 1990, 94: 1882-1886.
- [14] Cooley M B, Yoder J L. Insertional inactivation of the tomato polygalacturonase gene[J]. Plant Mol. Biol. 1998, 38: 521-530.
- [15] Langley K R, Martin A, Stenning R, et al. Mechanical and optical assessment of the ripening of tomato fruit with reduced polygalacturonase activity[J]. J. Sci. Food Agric. 1994, 66: 547-554.
- [16] Koch J L, Nevins D J. Tomato fruit cell wall. 1. Use of purified tomato polygalacturonase and pectinmethylesterase to identify developmental changes in pectins[J]. Plant Physiol. 1989, 91: 816-822.
- [17] 王贵禧, 韩雅珊. 猕猴桃果实中 PME、PG 及其抑制因子的研究[J]. 中国农业大学学报, 1998, 3(1): 88-94.
- [18] Brandy C J. The pectinesterases of the pulp of the banana fruit[J]. J. Plant Physiol. 1976, 3: 163-172.
- [19] 王贵禧, 韩雅珊, 于梁. 猕猴桃软化过程中阶段性专一酶活性变化的研究[J]. 植物学报, 1995, 37(3): 198-203.
- [20] Brummell D A, Harpster M H, Civello P M, et al. Modification of expansin protein abundance in tomato fruit alters softening and cell wall polymer metabolism during ripening[J]. Plant Cell. 1999, 11: 2203-2216.
- [21] Nakamura S, Hayashi T. Purification and properties of an extra cellular endo-1, 4 β -glucanase from suspension cultured poplar cells[J]. Plant Cell Physiol. 1993, 34: 1009-1013.
- [22] Brummell D A, Catala C, Lashbrook C C. A membrane anchored E-type endo-1, 4 β -D-glucanase is localized on Golgi and plasma membranes of higher plants[J]. Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 1997, 94: 4794-4799.
- [23] Lewis L N, Linkins A E, Reid P D, et al. Two forms of cellulase in bean plants[J]. In: Hirokawa Publishing, Tokyo, 1974, 708-718.
- [24] Harpster M H, Brummell D A, Dunsmuir P. Expression analysis of a ripening specific, auxin repressed endo-1, 4 β -glucanases gene in strawberry[J]. Plant Physiol. 1998, 118: 1307-1316.
- [25] Trainotti L, Dalla Vecchia F, Rscio N, et al. Two different endo-1, 4 β -glucanases contribute to the softening of strawberry fruit[J]. J. Plant Physiol. 1999, 154: 355-362.
- [26] Harpster M H, Lee K Y, Dunsmuir P. Isolation and characterization of a gene encoding endo-1, 4 β -glucanase from pepper[J]. Plant Mol. Biol. 1997, 33: 47-59.
- [27] matsumoto T, Sakai F, Hayashi T. A xyloglucan specific endo-1, 4 β -glucanase isolated from auxin treated pea stems[J]. Plant Physiol. 1997, 114: 661-667.
- [28] Harpster M H, Brummell D A, Dunsmuir P. Suppression of a ripening-related endo-1, 4 β -glucanase in transgenic pepper fruit does not prevent depolymerization of cell wall polysaccharides during ripening[J]. Plant Mol. Biol. 2002, 50: 345-355.
- [29] O'donoghue E M, Huber D J. Modification of matrix polysaccharides during avocado fruit ripening: an assessment of the role of α -cellulase[J]. Physiol. Plant. 1992, 86: 34-42.
- [30] Sulova Z, Takacova M, Steele N M, et al. V. Xyloglucan endotransglycosylase: evidence for the existence of a relatively stable glycosyl enzyme intermediate[J]. Biochem. J. 1998, 330: 1475-1480.
- [31] Percy A E, O'Brien I E, Jameson P E, et al. Xyloglucan endotransglycosylase activity during fruit development and ripening of apple and kiwifruit[J]. Physiol. Plant. 1996, 96: 43-50.
- [32] Campbell P, Braam J. Xyloglucan endotransglycosylases: diversity of genes, enzymes and potential wall modifying functions[J]. Trends Plant Sci. 1999, 4: 361-366.
- [33] Carrington C M S, Pressey R. β -Galactosidase activity in relation to changes in cell wall galactosyl composition during tomato ripening[J]. J. Am. Soc. Hort. Sci. 1996, 121: 132-136.
- [34] Percy A E, O'Brien I E, Jameson P E, et al. Xyloglucan endotransglycosylase activity during fruit development and ripening of apple and kiwifruit[J]. Physiol. Plant. 1996, 96: 43-50.
- [35] Arrowsmith D A, De Silva J. Characterisation of two tomato fruit expressed cDNAs encoding xyloglucan endo-transglycosylase[J]. Plant Mol. Biol. 1995, 28: 391-403.
- [36] Redgwell R J, Fry S C. Xyloglucan endotransglycosylase activity increases during kiwifruit ripening: Implications for fruit softening[J]. Plant Physiol. 1993, 103: 1399-1406.
- [37] MacLachlan G, Brady C. Endo-1, 4 β -glucanase, xyloglucanase and xyloglucan endo-transglycosylase activities versus potential substrates in ripening tomatoes[J]. Plant Physiol. 1994, 105: 965-974.

(本文作者还有李玫瑰, 单位中国农业大学 烟台校区)

Research Process in Enzymes Related to Ripening and Softening of Fruit

CHENG Jie-shan¹, SHEN Huo-lin¹, SUN Xiu-bo², YANG Xue-yan², ZHANG Mei², LIAN Xu-hai², LI Mei-gui²

(1. Department of Vegetable, College of Agronomy and Biotechnology, China Agricultural University, Beijing 100094, China; 2. China Agricultural University, Yantai Campus, Yantai, Shandong 264002, China)

Abstract: The outside characteristics during fruit ripening are decrease of firmness, softening of textile. Firmness and textile are important indicators of fruit quality and criterion of ripening fruit, influenced the pre and post harvest handling methods, the life of shelf storage, and the flavor of fruits. Thus, the mechanism of cell wall hydrolases during fruit ripening and their relationship with the fruit softening will provide us a new way to control the fruit softening and to promote the crop breeding through gene improvement. This review focus on the research progresses of several main enzymes related to the fruit ripening, including polygalacturonases (PG), Pectinmethylesterases (PME), β -Galactosidases, endo-1, 4 β -Glucanase (EGase), and XyloglucanEndo-transglycosylase (XET).

Key words: Fruit; Ripening and softening; Cell wall; Hydrolases