

网络出版时间:
网络出版地址:

2 种预处理方法对‘秦冠’苹果果实细胞壁物质降解和出汁率的影响

于乐谦^{1a}, 杨 力², 马惠玲^{1b}, 魏雅君^{1a}

(1 西北农林科技大学 a 林学院, b 生命科学学院, 陕西 杨凌 712100; 2 陕西省西咸新区泾河新城管委会, 陕西 咸阳 710061)

【摘要】【目的】研究以外源乙烯为主的预处理对‘秦冠’苹果果实细胞壁物质降解和出汁率的影响, 为开发新的苹果果汁加工工艺提供依据。【方法】以‘秦冠’苹果果实为试材, 采用 500 mg/L 乙烯利(E1)和 100 mg/L 乙烯利配合 60 ℃热水(E2)处理后, 于室温堆放, 以蒸馏水处理为对照(CK), 每 3 d 测定 1 次多聚半乳糖醛酸酶(PG)、果胶甲酯酶(PME)、纤维素酶(CS)和木聚糖酶(Xyl)活性及细胞壁物质含量和果实出汁率。【结果】E1 处理苹果果实的 PG、PME、CS 和 Xyl 活性均较对照逐渐提高, 分别于第 12, 12, 9, 6 天出现高峰。处理 12 d 后, E1 果实细胞壁多糖中, 果胶类多糖以 CDTA-2 溶性部分降解、半纤维素类多糖中以 KOH-1 溶性部分降解最多, 含量分别降为对照的 82.1%, 81.2%; 细胞壁物质总体较对照降低 88.1%; 出汁率较对照增加 4.7%~5.6%。E2 处理果实 0 d 时各种酶活性明显增强, 峰值较 E1 出现更早, 但后期衰减更快; 12 d 后各类细胞壁多糖下降幅度大于 E1(KOH-3 除外); E2 处理对苹果果实出汁率的提高效果尤为明显, 9 d 时出汁率高于对照 7.5%, 但 18 d 后出汁率反而降至对照水平。【结论】500 mg/L 乙烯利处理是一种节能、简便且有效的可持续提高‘秦冠’果实出汁率的措施。

【关键词】 乙烯; 细胞壁酶; 细胞壁多糖; 细胞壁物质; 出汁率

【中图分类号】 S661.101

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2012)11-0159-06

Effects of two pre-treatments on the degradation of cell wall composition and juice yield of “Qinguan” apple fruit

YU Le-qian^{1a}, YANG Li², MA Hui-ling^{1b}, WEI Ya-jun^{1a}

(1 a College of Forestry, b College of Life Science, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2 City Administration Committee of Jing River, Xianyang, Shaanxi 710061, China)

Abstract: 【Objective】Effects of exogenous ethylene based pre-treatments on the degradation of cell wall of “Qinguan” apple fruit were investigated to increase its juice yield. 【Method】After being treated under two sets of conditions: 60 ℃ water with 500 mg/L ethrel(E1) and 100 mg/L ethrel (E2), “Qinguan” apple fruits were placed in open plastic box under room temperature. The activities of polygalacturonase (PG), pectin methylesterase (PME), cellulose (CS), xylanase (Xyl), and contents of cell wall compositions as well as juice yield were determined every three days. 【Result】E1 elevated the activity of PG, PME, CS, and Xyl in comparison to control group. The four enzymes reached peak on 12th, 12th, 9th, and 6th day, respectively. On day 12, the contents of CDTA-2 part among pectins KOH-1 part among hemicelluloses, and total CWM-residue degraded to 82.1%, 81.2%, and 88.1% to that of control group, respectively, while the juice yield increased by 4.7%—5.6%. E2 increased the enzyme activity right after treatment, and PME and

【收稿日期】 2012-03-29

【基金项目】 农业部现代苹果产业体系项目

【作者简介】 于乐谦(1987—), 男, 陕西西安人, 在读硕士, 主要从事果实采后生理与技术研究。E-mail: yuleqian2011@126.com

【通信作者】 马惠玲(1965—), 女, 新疆五家渠人, 教授, 博士, 主要从事果实采后生理与利用研究。E-mail: ma_huilin65@hotmail.com

Xyl peaked earlier than that of E1. All the cell wall components of E2 except KOH-3 decreased more than that of E1. Juice yield of E2 was 7.5% higher than the control group on day 9 but it reduced to the same as control group on day 18. 【Conclusion】 Pre-treatment with 500 mg/L ethrel(E1) was an energy-saving and simple approach to increase the juice yield effectively and persistently.

Key words: ethrel; cell wall enzyme; cell wall polysaccharides; cell wall material; juice yield

‘秦冠’是陕西省主栽的晚熟苹果品种之一,据笔者 2009 和 2010 年的调查,晚熟苹果大量收获后,陕西省大型苹果汁厂所用原料的 70%以上为‘秦冠’苹果,因此,提高‘秦冠’苹果的出汁率是果汁生产的技术重点。苹果果实出汁率与其细胞壁中黏性大分子物质的含量和降解程度有很大关系,打浆后黏性物质含量越高,细胞汁液越难被彻底挤压出来,所以在果实破碎和榨汁之间通常有一道保温酶解工序,以降低黏性果胶等大分子物质的含量,提高出汁率。以往的许多研究发现,果实成熟与衰老过程中,构成细胞壁的纤维素、半纤维素、果胶和糖蛋白等大分子物质逐渐降解^[1-2],这对保鲜而言是不利的;然而,据此可以推测,这一过程的发生,或者人为加速其发生可能会减少原料细胞壁物质间的阻力,提高苹果果实出汁率,从而省去榨汁前的酶解环节。大量研究证明,苹果果实细胞壁酶活性的增大和成熟软化可以被内源乙烯的竞争性拮抗剂 1-MCP 所延缓^[3-5],说明乙烯对其细胞壁物质的降解具有促进作用。杨力等^[6-7]研究发现,500 mg/L 乙烯利及 100 mg/L 乙烯利配合 60 ℃加热 2 种预处理方法对苹果果实细胞壁的降解具有明显的促进作用^[6-7],在‘富士’苹果上应用后提高了出汁率^[8]。本研究进一步探讨这 2 种预处理方法在‘秦冠’苹果上的效应,以明确此类预处理方法对提高苹果果实出汁率作用的普遍性,为开发简单易行的新型高效苹果汁加工工艺提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试材料为陕西地区晚熟苹果品种‘秦冠’果实。2010-10-10—2011-10-14,从陕西扶风县管理良好的苹果园内,采收色度基本一致,大小均匀(横径 75 mm 左右)、无机械压伤、无病虫害的果实,采后套发泡网,装入 40 cm×50 cm×30 cm 的塑料框内,立即运回实验室,室温(20 ℃左右)下过夜,散除田间热后,备用。

1.2 方法

1.2.1 样品处理 随机选取‘秦冠’苹果果实 720

个,均分成 3 份,分别进行如下处理。乙烯利处理(E1):苹果果实于室温(20 ℃)下用质量浓度 500 mg/L 乙烯利溶液浸泡 10 min,晾干;乙烯利和加热双重处理(E2):室温(20 ℃)下用质量浓度为 100 mg/L 的乙烯利溶液浸泡苹果果实 10 min,晾干,然后用 PE 袋密封,于 60 ℃水浴 30 min;对照处理(CK):苹果果实于室温(20 ℃)下用蒸馏水浸泡 10 min,晾干。

将上述果实处理后,室温存放于内衬有塑料薄膜的果箱中。于处理结束时第 1 次取样(0 d),之后每 3 d 从 3 组中各随机抽取 20 个果实样品,去掉果皮和果心,将果肉部分切成不大于(0.5×0.5×0.5) cm³ 的小块,分成 10 份,液氮冷冻后用锡纸密封存于 PE 袋中,置于-80 ℃低温冰箱冻存。

1.2.2 苹果果实细胞壁酶活性及细胞壁物质总含量的测定 多聚半乳糖醛酸酶(PG)、果胶甲酯酶(PME)、纤维素酶(CS)、木聚糖酶(Xyl)活性及细胞壁物质(Cell Wall Material, CWM)总含量的测定采用杨力等^[6]的方法,均重复测定 3 次。

1.2.3 苹果果实细胞壁多糖组分提取及其含量测定 依据金昌海等^[2]对果实细胞壁多糖提取分离和含量的测定方法,将 1.2.2 节分离的各处理的总细胞壁物质,于 40 ℃下负压浓缩、再冷冻干燥,得到不同的细胞壁多糖,具体步骤如下。第 1 步:用 0.05 mol/L 环己二胺四乙酸溶液(CDTA),在 pH 6.5、20 ℃分别提取 5 和 2 h,得到富含果胶多糖的 2 种溶性提取物 CDTA-1 和 CDTA-2;第 2 步:用 0.05 mol/L Na₂CO₃ 溶液(含氢化硼钠 20 mmol/L)于 1 和 20 ℃分别提取第 1 步的残渣,得到 Na₂CO₃ 溶性的富果胶多糖 Na₂CO₃-1 和 Na₂CO₃-2 两部分;第 3 步:用 0.5、1 和 4 mol/L 的 KOH 溶液(含氢化硼钠 10 mmol/L, 20 ℃)逐步提取,得到 3 种富含半纤维素的多糖组分 KOH-1、KOH-2 和 KOH-3;最后,残渣经冷冻干燥得到富含纤维素的多糖组分(CWM 残渣),各部分分别称取质量。各重复 3 次。

1.2.4 出汁率的测定 每处理取 10 个苹果果实,取果肉部分称取质量,切成长条,投入与料质量相同的沸水中保持 5 min 后捞出,冷却到常温,再加料质

量 1/5 的水,用高速组织捣碎机打浆后,用 4 层纱布挤出果汁。每份样品重复 3 次,求平均值。

出汁率 = (苹果汁质量 - 加水质量) / 原料质量 × 100%。

1.2.5 数据分析 利用 SPSS 13.0 数据处理软件统计与分析数据,以 $P < 0.05$ 为差异显著,以 $P < 0.01$ 为差异极显著。

2 结果与分析

2.1 不同预处理方法对‘秦冠’苹果果实细胞壁酶活性的影响

2.1.1 PG 活性的变化 图 1 表明,E1 处理苹果果实的 PG 活性自第 6 天起上升,第 12 天达到最大值后缓慢下降,峰值与对照无显著差异;E2 处理 0 d 的 PG 活性最大,显著高于 E1 处理和对照,但其峰值低于 CK 和 E1 处理,之后 E2 处理的 PG 维持在

高活性水平,至 12 d 起急剧下降;对照处理果实的 PG 活性于第 15 天达到峰值。可见,500 mg/L 乙烯利使‘秦冠’苹果 PG 活性高峰较对照提前 3 d 出现,100 mg/L 的乙烯利与加热共同处理可使 PG 活性在处理当天达到峰值,但在持续数天后急剧衰落。

2.1.2 PME 活性的变化 图 2 表明,E1 处理自第 3 天起苹果果实 PME 活性一直高于 CK,至 12 d 后快速下降;E2 处理 0 d 的 PME 活性显著增强,并于第 3 天快速增大,于第 7 天达到峰值,较 CK 提前 4 d,且峰值极显著高于 CK ($P < 0.01$),第 9 天后 PME 活性快速下降。可见,2 种预处理方法均使‘秦冠’果实中的 PME 活性高峰提前出现,且 100 mg/L 乙烯利结合加热处理比单独使用 500 mg/L 乙烯利的作用更强烈,高峰出现更早、峰值更高,但后期衰退也更早、下降速度更快。

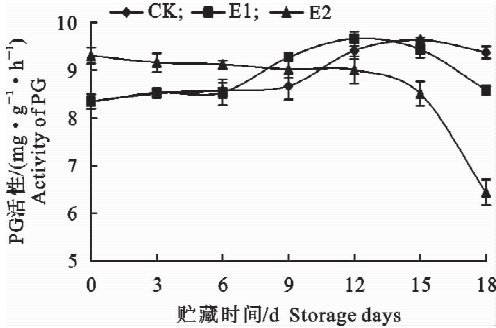


图 1 不同预处理方法对‘秦冠’果实 PG 活性的影响
Fig.1 Effects of different treatments on PG activity of ‘Qinguan’ apple fruit

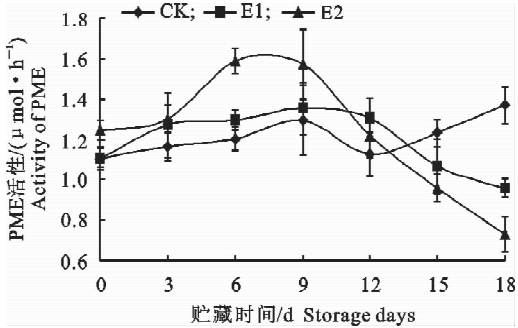


图 2 不同预处理方法对‘秦冠’果实 PME 活性的影响
Fig.2 Effects of different treatments on PME activity of ‘Qinguan’ apple fruit

2.1.3 CS 活性的变化 图 3 表明,E1 处理‘秦冠’果实的 CS 活性迅速上升,于 9 d 达到峰值后又快速下降,15 d 时降至初始状态,之后又有小幅上升;E2 处理‘秦冠’果实 CS 活性 6 d 时增大,第 9 天达到峰值后开始下降,第 15 天又出现第 2 次弱峰。可见,

500 mg/L 乙烯利可使‘秦冠’果实 CS 活性提高,而 100 mg/L 乙烯利并加热处理当天,CS 活性即增强,峰值可达到 E1 处理相同水平,且会出现第 2 次峰值。

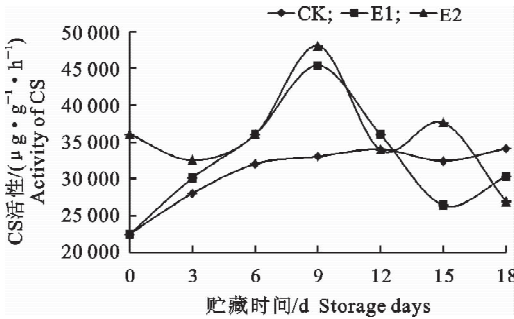


图 3 不同预处理方法对‘秦冠’果实 CS 活性的影响
Fig.3 Effects of different treatments on CS activity of ‘Qinguan’ apple fruit

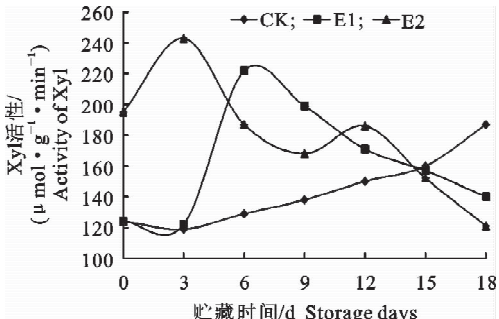


图 4 不同预处理方法对‘秦冠’果实 Xyl 活性的影响
Fig.4 Effects of different treatments on Xyl activity of ‘Qinguan’ apple fruit

2.1.4 Xyl 活性的变化 图 4 表明,E1 处理‘秦冠’苹果果实的 Xyl 活性前 3 d 与 CK 接近,3 d 后快速上升,第 6 天出现高峰,之后逐渐下降;E2 处理果实的 Xyl 活性与 PG 和 PME 一样,处理当天即迅速升高,并于第 3 天出现高峰,峰值稍大于 E1 处理,之后总体呈下降趋势,并在 12 d 呈小幅度反弹。可见,500 mg/L 乙烯利处理可增强‘秦冠’苹果的 Xyl 活性并诱导其出现活性高峰;100 mg/L 乙烯利结合加热处理短期内(0~3 d)即可诱导 Xyl 活性高峰出现,同时 Xyl 的活性也表现为前期增强越早,后期衰减越快。

2.2 不同预处理方法对‘秦冠’苹果果实细胞壁组分含量的影响

2.2.1 CWM 总含量的变化 图 5 显示(数据来源于 2010 年样品分析),3 组果实的 CWM 总含量均随贮藏时间延长而下降,E1 和 E2 处理相对于 CK 下降较快,E1 于 12 d 后,E2 于 9 d 后下降减缓,18 d 时均与对照处于同一水平。可见,E1 和 E2 处理虽加快了细胞壁物质的降解进程,但并未改变总的

可降解量。

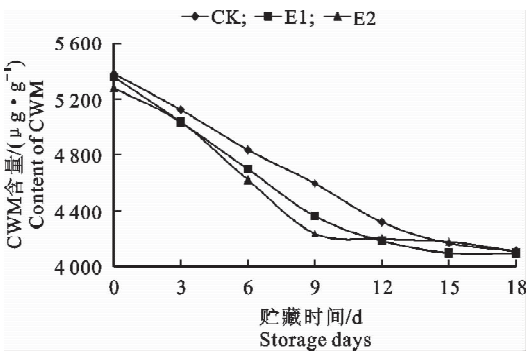


图 5 不同预处理方法对‘秦冠’果实 CWM 含量的影响
Fig. 5 Effects of different treatments on CWM content of ‘Qinguan’ apple fruit

2.2.2 多糖组分含量的变化 由表 1 可知(数据来源于 2011 年样品分析),贮藏 12 d 后,对照(CK)果实的 CWM 降为 0 d 时的 92.0%,E1 处理为 CK(12 d)的 87.5%;E2 处理为 CK(12 d)的 84.4%。对 CWM 中各组分进行分析,其变化如下:

表 1 预处理后‘秦冠’果实 CWM 及细胞壁多糖组分含量的变化

Table 1 Changes in the content of CWM and polysaccharides of ‘Qinguan’apple fruits under two treatments

组分 Fraction	含量 Amount			
	0 d(CK)	12 d(CK)	12 d(E1)	12 d(E2)
CWM	4 532.8±8.3	4 169.2±7.6	3 648.7±9.5**	3 521.2±9.9**
KOH-1	118.5±4.8	127.5±4.1	103.5±2.7**	92.4±1.9**
KOH-2	85.4±1.3	88.4±1.6	85.2±2.3*	84.8±2.4*
KOH-3	413.8±2.5	400.6±1.7	389.4±3.3	390.1±2.4
CDTA-1	354.6±3.1	300.1±2.7	285.3±2.2*	280.2±1.9*
CDTA-2	243.7±2.3	203.4±2.5	169.2±2.4**	161.3±3.8**
Na ₂ CO ₃ -1	1 123.5±4.4	1 136.7±2.9	936.7±3.8**	936.1±3.6**
Na ₂ CO ₃ -2	98.3±1.5	79.2±1.8	63.8±1.7**	62.7±0.7**
CWM 残渣 CWM residue	1 993.1±3.8	1 832.7±3.1	1 614.7±2.7**	1 512.6±5.2**

注:数据为 3 次重复的“平均值±标准差”。同行数据后 * 表示同一天处理的测定值与对照(12 d)间差异显著($P<0.05$);** 表示与对照(12 d)差异极显著($P<0.01$)。

Note: Values are the average of three separate determinations ± SE. * Indicate the difference values on day 12 between treatments and control; * $P<0.05$, ** $P<0.01$.

(1)半纤维素多糖。由表 1 可知,第 12 天,E1 处理的 3 种 KOH 溶性半纤维素为 CK(12 d)的 81.2%~97.2%,E2 处理为 CK(12 d)的 72.5%~97.4%。其中,预处理对 KOH-1 溶性多糖的降解作用明显强于对 KOH-2 的作用,而对 KOH-3 几乎没有作用;此外,相比单纯乙烯利处理,KOH-1 的降解对乙烯利协同热处理更为敏感。由于 KOH 溶解的多糖主要由木葡聚糖及其与果胶多糖(溶性组分)交织而成的杂多糖组成^[2],其中,KOH-1 溶解的果胶多糖成分多,而 KOH-2、KOH-3 溶解的果胶多糖

成分依次减小,说明 2 种预处理下‘秦冠’果实难溶的木葡聚糖部分均分解较少,而以溶于稀碱的含果胶多糖的杂多糖的解离为主。

(2)果胶类多糖。由表 1 可知,12 d 后,E1 处理果实中的 CDTA-1 和 CDTA-2 含量均有所降低,分别为 CK 的 95.1%和 82.1%;E2 处理果实中的 CDTA-1 和 CDTA-2 也均有所降低,为 CK 的 93.4%和 79.3%。由于 CDTA-1 主要溶解果胶侧链降解产物,CDTA-2 主要溶解含多聚半乳糖醛酸的果胶主链(HGA)。可见,对‘秦冠’苹果的 E1 与

E2 处理均主要降解了果胶多糖的 HGA 主链。由表 1 还可知, E1 处理 12 d 后, Na_2CO_3 -1 和 Na_2CO_3 -2 溶性部分含量分别降为 CK 的 82.4% 和 80.6%; E2 处理 12 d 后, Na_2CO_3 -1 和 Na_2CO_3 -2 溶性部分含量分别为 CK 的 82.4% 和 79.2%。E1 和 E2 处理中 Na_2CO_3 -2 溶性部分含量降幅较 CK 更加明显。金昌海等^[2]研究认为, Na_2CO_3 溶性组分主要为鼠李半乳糖醛酸聚糖 I (RG-1), Na_2CO_3 -1 以溶解主链聚糖为主, Na_2CO_3 -2 以溶解侧链聚糖为主。因此, 对‘秦冠’苹果的 E1 与 E2 处理均促进了 RG-1 果胶多糖的降解, 且对其侧链的作用较主链更强。

(3)不溶性多糖(CWM 残渣)。由表 1 中的 CWM 残渣数据可知, ‘秦冠’苹果采后初期 CWM 残渣占 CWM 总量的 46.1%。12 d 后 E1 和 E2 处理的不溶性多糖含量分别为 CK 的 88.1% 和 82.5%。可见, 100 mg/L 乙烯利结合加热处理对‘秦冠’苹果果实中不溶性多糖的降解作用更为明显。

2.3 不同预处理方法对‘秦冠’苹果果实出汁率的影响

不同预处理方法对‘秦冠’苹果果实出汁率的影响如图 6 所示。由图 6 可见, E1 和 E2 处理均增大了果实的出汁率。与 CK 相比, E1 在前期的促进效果不明显, 但在中后期效果逐渐显现, 9~18 d 出汁率快速上升, 12~18 d 出汁率为 81.5%~84.2%, 显著高于对照(76.8%~78.6%) ($P<0.05$); E2 处理的效果较明显, 处理当天出汁率就明显增大, 在 6~12 d 出汁率迅速上升, 12 d 达 82.6%, 亦显著高于对照(75.1%) ($P<0.05$), 但之后不再增加, 后期反而有所下降。

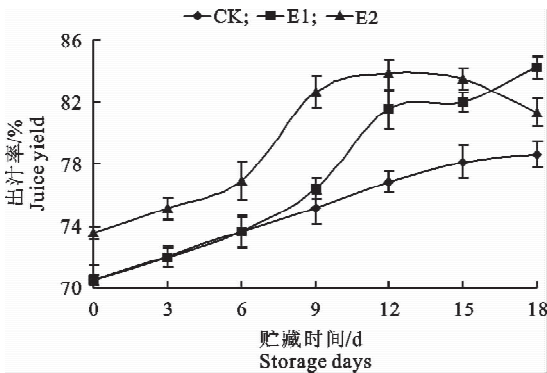


图 6 不同预处理方法对‘秦冠’果实出汁率的影响
Fig. 6 Effects of different treatments on juice yield of ‘Qinguan’ apple fruit

3 讨论

3.1 外源乙烯促进细胞壁酶活性和细胞壁物质降解的机理

王俊宁等^[9]得出, 乙烯诱导使油桃 PG 和 CS 活性提前到达高峰, 峰值也有所增加。黄森等^[10]发现, 外源乙烯提高了柿果 PG、PME 和 CS 的活性。本研究得出, 外源乙烯处理 3~6 d 后秦冠苹果细胞壁降解酶活性增大, 相应地细胞壁物质降解加快。可见乙烯对苹果果实细胞壁降解酶的作用与其他果实趋于一致。Hiwasa 等^[11]研究表明, 梨果实成熟后期 PG 基因的表达受乙烯诱导。寇晓虹等^[12]证实, 乙烯参与了番茄和梨 PG 基因表达的诱导调控和 PG 的活化。Alexander 等^[13]还发现, 乙烯参与番茄果实 PME 基因的转录和翻译过程。由此可见, 乙烯通过诱导或调节各种细胞壁酶基因的表达, 增强酶的活性, 从而促进细胞壁物质的降解。

3.2 热处理促进细胞壁酶活性的机理

研究表明, 适当的热处理(35~55 °C)能够抑制酶活性和病原菌, 从而提高果实的耐贮性, 有效地保持果实的品质^[14-15]。但是, 热处理温度过高或时间过长则会产生热伤害, 表现为细胞膜透性增大, 硬度下降加快, 固/酸比增大等^[15]。本研究利用这一原理, 采取 60 °C 热水附加低质量浓度乙烯利处理(E2)‘秦冠’果实, 结果发现, 该处理对各细胞壁酶活性的促进作用发生得更快、更强, 对果实出汁率的提高效应也更明显。这是因为在热伤害温度下苹果果实细胞膜出现渗漏, 酶与底物充分接触, 呼吸作用和乙烯作用都被促进^[16], 呈现出果实受到伤害时水解作用加强的生理现象; 而 E1 处理是通过外源乙烯加速果实自然衰老而促进细胞壁酶活性的。因此, E2 与 E1 促细胞壁酶活性的作用机制不同。

3.3 细胞壁物质降解与果实出汁率的关系

果肉细胞壁的结构和大分子物质含量是影响出汁率的主要因素^[17], 果实成熟度高、细胞壁松弛有利于压榨出汁^[18]。本研究得出, E1 处理 3~6 d 内相继促进了 PME、Xyl、Cs 和 PG 的活性, 6 d 后果实出汁率开始增大, 18 d 后, 果实细胞壁物质累积降解量与对照一致, 而果实出汁率仍然较高, 反映出细胞壁物质的阻力仍较对照小。说明外源乙烯处理提高出汁率是通过促进细胞壁物质降解, 增大酶活性, 加速果实衰老而实现的。E2 处理促进细胞壁物质降解和增加出汁率的作用虽然较 E1 更加明显, 但是, 其出汁率仅在前 16 d 内高于 E1 处理, 之后反

而不再增加,甚至下降,其处理果实还表现出表皮烫伤症状,这对果汁成分是否会产生负面影响还有待进一步分析。E1 处理后果实外观品质未出现异常变化,虽然在前 16 d 内出汁率的提高幅度小于 E2 处理,但最终峰值大于 E2 处理峰值,且促进作用持续期长,处理无需特殊加热,成本低,易于操作。可见 E1 是更适用于苹果汁生产的预处理方式。另外,本研究中的出汁率是在手工压榨条件下得出的,实际生产中机榨的出汁率应该远高于这些值。

3.4 预处理对于提高苹果出汁率的必要性

研究结果表明,各预处理果实的酶活性于 18 d 时均低于对照,18 d 后,处理较对照促进细胞壁物质降解的优势逐渐消失,出汁率与对照的差距不断减小,说明‘秦冠’苹果衰老过程中各细胞壁酶活性总有一个增强—衰弱的高峰型变化过程,有效的预处理只是提前了高峰的出现时间,相应地也会使酶活性较对照提前衰减,因此,只有对初采的果实,才有必要采取预处理提高出汁率,贮存了半月以上的果实,由于其细胞壁酶活性已开始自然升高,此时已经没有进行处理的必要了。

4 结 论

(1)500 mg/L 乙烯利和 100 mg/L 乙烯利结合 60 ℃热水 2 种预处理方法对‘秦冠’果实的 PME、PG、Xyl 和 CS 活性均有促进作用,进而加快了细胞壁物质(如 CDTA 溶性果胶多糖、Na₂CO₃ 溶性果胶多糖、半纤维素多糖和纤维素)的降解。

(2)‘秦冠’果实对热处理更为敏感,相比 500 mg/L 乙烯利处理,100 mg/L 乙烯利结合 60 ℃加热处理对苹果果实出汁率的提高效应出现更早、更强。但其酶活性达到高峰后很快早衰,出汁率又趋于回归对照值。

(3)经 500 mg/L 乙烯利处理 12 d 后,‘秦冠’果实的出汁率能够较对照持续提高 4.7%~5.6%,是一种节能、简便且有效的预处理方法。

[参考文献]

- [1] 金昌海,索 标,阚 娟,等. 桃果实成熟软化过程中细胞壁多糖降解特性的研究 [J]. 扬州大学学报,2006,27(3):70-75.
Jin C H, Suo B, Kan J, et al. Studies on degradation characteristic of cell wall polysaccharide during peach fruit ripening [J]. Journal of Yangzhou University, 2006, 27(3): 70-75. (in Chinese)
- [2] 金昌海,水野雅史,阚 娟,等. 不同品种苹果采后熟软化过程中细胞壁多糖的降解 [J]. 植物生理与分子生物学学报,

2006,32(6):617-626.

- Jin C H, Mizuno M, Kan J, et al. Degradation of cell wall polysaccharides during postharvest fruit ripening and softening of different apple varieties [J]. Journal of Plant Physiology and Molecular Biology, 2006, 32(6): 617-626. (in Chinese)
- [3] 李珊珊,饶景萍,孙允静,等. 早熟苹果新品种秦阳采后贮藏特性及其对 1-MCP 的反应 [J]. 西北农业学报,2010,19(5):113-116.
Li S S, Rao J P, Sun Y J, et al. Storage quality and responses to 1-MCP of a new early-ripening apple cv. Qinyang [J]. Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica, 2010, 19(5): 113-116. (in Chinese)
- [4] 唐 燕,马书尚,武春林. 1-MCP 对嘎拉苹果呼吸、乙烯产生及贮藏品质的影响 [J]. 果树学报,2004,21(1):42-45.
Tang Y, Ma S S, Wu C L. Effects of 1-MCP on respiration, ethylene production and fruit quality of Gala apples [J]. Journal of Fruit Science, 2004, 21(1): 42-45. (in Chinese)
- [5] 贾晓辉,佟 伟,王文辉,等. 1-MCP、MAP 对苹果冷藏期间品质及保鲜效果的影响 [J]. 食品科学,2011,32(8):305-308.
Jia X H, Tong W, Wang W H, et al. Effects of 1-MCP and modified atmosphere packaging (MAP) treatment on fresh-keeping and quality of ‘Huahong’ apples during cold storage [J]. Food Science, 2011, 32(8): 305-308. (in Chinese)
- [6] 杨 力,王江浪,马惠玲. 乙烯对苹果果实细胞壁降解效应初探 [J]. 西北植物学报,2009,29(2):320-326.
Yang L, Wang J L, Ma H L. Effect of ethylene oil the degradation of apple cell wall [J]. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 2009, 29(2): 320-326. (in Chinese)
- [7] 杨 力. 乙烯对苹果细胞壁组分降解效应及其机理的研究 [D]. 陕西杨凌:西北农林科技大学,2009.
Yang L. Study on the effect and mechanism of ethylene on the degradation of cell wall composition of apple fruit [D]. Yangling, Shaanxi: Northwest A&F University, 2009. (in Chinese)
- [8] 魏雅君,杨 力,马惠玲. 预处理对增加红富士苹果细胞壁物质降解和出汁率的影响 [J]. 食品与发酵工业,2011,37(11):75-80.
Wei Y J, Yang L, Ma H L. Effect of pretreatment on the degradation of cell wall composition and juice yield of ‘Red Fuji’ apple fruit [J]. Food and Fermentation Industries, 2011, 37(11): 75-80. (in Chinese)
- [9] 王俊宁,饶景萍,弓德强,等. 1-MCP 对外源乙烯诱导油桃果实软化的影响 [J]. 保鲜与加工,2005,1(5):34-36.
Wang J N, Rao J P, Gong D Q, et al. Effects of 1-MCP treatment on softening of nectarine induced by exogenous ethylene [J]. Storage and Process, 2005, 1(5): 34-36. (in Chinese)
- [10] 黄 森,张院民,王建芳,等. 乙烯吸收剂处理对柿果实采后生理效应的影响 [J]. 西北农业学报,2006,15(6):140-143.
Huang S, Zhang Y M, Wang J F, et al. Influence of ethylene absorbent on the postharvest physiological characteristics of persimmon fruits [J]. Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica, 2006, 15(6): 140-143. (in Chinese)
- [11] Hiwasa K, Kinugasa Y, Amano S, et al. Ethrel is required for

both the initiation and progression of softening in pear fruit [J]. *Exp Bot*,2003,54(383):771-779.

[12] 寇晓虹,朱本忠,罗云波,等. 番茄果实中乙烯与多聚半乳糖醛酸酶的关系 [J]. *植物生理与分子生物学学报*,2004,30(6):650-675.

Kou X H,Zhu B Z,Luo Y B,et al. Relationship between ethylene and polygalacturonase in tomato fruits [J]. *Journal of Plant Physiology and Molecular Biology*,2004,30(6):650-675. (in Chinese)

[13] Alexander L,Grierson D. Ethylene biosynthesis and action in tomato:A model for climacteric fruit [J]. *Exp Bot*,2002,53(377):2039-2055.

[14] 王利斌,刘 升,冯双庆,等. 采后热处理降低果蔬贮藏冷害研究进展 [J]. *农产品加工·学刊*,2010(4):38-42.

Wang L B,Liu S,Feng S Q,et al. Progress of reducing chilling injury on storage of fruits and vegetables after heat treatment [J]. *Academic Periodical of Farm Products Processing*,2010(4):38-42. (in Chinese)

[15] 寇莉萍,刘兴华,任亚梅,等. 热处理对轻度加工葡萄细胞壁组分及相关酶活性的影响 [J]. *保鲜研究*,2008,8(1):21-24.

Kou L P,Liu X H,Ren Y M,et al. Effect of heat treatment on composition and hydrolase activity of cell wall of lightly processed table grapes [J]. *Storage and Process*,2008,8(1):21-24. (in Chinese)

[16] 陈碧华,罗庆熙,王广印,等. 热激处理对甘蓝幼苗叶片细胞膜系统热稳定性的影响 [J]. *华北农学报*,2007,25(5):60-62.

Chen B H,Luo Q X,Wang G Y,et al. The effect of heat shock treatment on heat thermostability of cellular membrane system in cabbage seedling leaves [J]. *Acta Agriculturae Boreali-Sinica*,2007,25(5):60-62. (in Chinese)

[17] Gao H Y,Song L L,Zhou Y J,et al. Effects of hypobaric storage on quality and flesh leatheriness of cold-stored loquat fruit [J]. *Transactions of the CSAE*,2008,24(6):245-249.

[18] 付 莉,顾 英,王丽颖. 果胶酶提高番茄出汁率的工艺研究 [J]. *中国酿造*,2009(6):126-127.

Fu L,Gu Y,Wang L Y. Increasement of tomato juice yield by pectinase [J]. *China Brewing*,2009(6):126-127. (in Chinese)