

乙醇复合抗坏血酸处理对鲜切苹果贮藏品质的影响

程顺昌, 袁尔千, 魏宝东, 贾文涛, 纪淑娟

(沈阳农业大学 食品学院, 沈阳 110866)

摘要: **目的** 为了研究乙醇处理对鲜切苹果贮藏品质的保鲜效果。**方法** 以鲜切‘寒富’苹果为材料, 比较乙醇、乙醇复合抗坏血酸(Vc)溶液处理对鲜切苹果在 4℃下贮藏品质的影响。分析鲜切苹果包装内的气体成分变化、可溶性固形物含量、硬度、颜色、质量损失率等品质指标, 还对组织衰老进程、酚类物质代谢和活性氧代谢及微生物数量进行评价。**结果** 研究表明, 体积分数为 30%的乙醇溶液浸泡鲜切苹果能有效保持冷藏货架期间果实的硬度、可溶性固形物含量、较低的质量损失率, 延缓果实组织表面颜色变化和褐变的发生; 进一步研究显示, 乙醇可能是通过抑制酚类物质的氧化分解, 从而减少了醌类物质在组织中的积累; 乙醇处理还有利于抑制果实组织中电导率的升高, 此外经乙醇处理后, 大肠菌群和菌落总数均显著小于对照组和复合处理组中的数量。**结论** 采用乙醇处理鲜切‘寒富’苹果, 有利于保持果实的品质, 并延缓衰老和褐变进程, 从而延长了货架期。

关键词: 鲜切; 苹果; 乙醇; 抗坏血酸; 贮藏保鲜

中图分类号: TS255.3 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2019)13-0018-07

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.13.003

Effect of Treatment by Ethanol Combined with Ascorbic Acid on Storage Quality of Fresh-cut Apple

CHENG Shun-chang, YUAN Er-qian, WEI Bao-dong, JIA Wen-tao, JI Shu-juan

(College of food, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866, China)

ABSTRACT: The work aims to study the fresh-keeping effect of fresh-cut apples treated by ethanol regarding the storage quality. Fresh-cut "Hanfu" apples were used as materials to compare the effects of treatment by ethanol, ethanol and ascorbic acid (Vc) solution on the storage quality of fresh-cut apples at 4 °C. The changes of gas composition, soluble solid content, hardness, color, mass loss rate and other quality indexes in fresh-cut apple packaging were analyzed. The tissue aging process, phenol metabolism, active oxygen metabolism and microbial quantity were also evaluated. Studies showed that, soaking fresh-cut apples in 30% (volume fraction) ethanol solution could effectively maintain the firmness, soluble solids content and lower mass loss rate of fruits during refrigerated shelf life, and delay the occurrence of color change and browning on the surface of fruit tissues. Further research showed that, ethanol might reduce the accumulation of quinone substances in tissues by inhibiting the oxidative decomposition of phenolic substances. Ethanol treatment was also beneficial to inhibit the increase of electrical conductivity in fruit tissue. In addition, after ethanol treatment, the total number of coliforms and colonies were significantly smaller than those in the control group and the composite treatment group. The fresh-cut "Hanfu" apple treated by ethanol is conducive to maintaining the apple quality and delaying aging and browning process, thus prolonging the shelf life.

KEY WORDS: fresh-cut; apple; ethanol; ascorbic acid; storage and preservation

收稿日期: 2019-04-12

基金项目: “十三五”国家重点研发计划重点专项 (2016YFD0400103)

作者简介: 程顺昌 (1978—), 男, 博士, 沈阳农业大学讲师, 主要研究方向为果蔬采后生物学及贮藏保鲜技术。

鲜切果蔬(Fresh-cut Product)又名切割果蔬、半加工果蔬等,指新鲜水果、蔬菜经过分级、清洗、整修、去皮、切分、包装等一系列处理后,在改变了果蔬的物理性状,仍保持新鲜状态的果蔬制品,具有天然、绿色、无公害、方便食用等特点,受到消费者的普遍欢迎,也是很多快餐业者和上班族的首选^[1-2]。随着人们生活水平的提高,鲜切水果得到迅速发展。鲜切果蔬在去皮、切分之后所产生的机械伤会促进组织的失水,提高组织呼吸代谢水平,加快组织的褐变速率和外源微生物的侵染速度^[3]。目前,对于鲜切果蔬的保鲜主要采用物理保鲜方法(如低温、臭氧、紫外线照射等)、化学保鲜方法(如防腐剂 and 保鲜剂等),筛选安全有效的保鲜剂一直是鲜切水果研究的热点^[4]。近年来大量的研究发现,乙醇具有抑制乙烯生物合成和果实呼吸速率的效果,并有利于保持果实颜色,抑制褐变,保持果实硬度和品质,乙醇还是一种安全的杀菌剂,能有效降低多种鲜切果蔬贮藏过程中的腐烂损失^[5-8]。

‘寒富’苹果是沈阳农业大学选育的具有抗寒性强、产量高、品质优良等优点的苹果品种,近年来在辽宁沈阳周边其栽培面积迅速增加,成为当地主栽的苹果品种。由于‘寒富’苹果果实较大、皮较厚、食用不便,因而适合进行鲜切处理。文中以‘寒富’苹果为材料,在鲜切后采用乙醇处理和乙醇复合Vc处理,研究乙醇复合Vc处理对冷藏期间果实组织褐变、活性氧代谢和微生物发生的影响,以期筛选出适宜的‘寒富’苹果鲜切保鲜剂。

1 实验

1.1 材料与试剂

采用的‘寒富’苹果于2018年11月21日购于沈阳农业大学农贸市场,并选取大小一致、色泽均匀、无病虫害、外表完好、成熟度一致的苹果进行试验。

试剂:无水乙醇、抗坏血酸钠、冰醋酸、醋酸钠、聚乙二醇(PEG)、聚乙烯吡咯烷酮(PVP)、曲拉通(TritonX-100)、愈创木酚、 β -巯基乙醇、邻苯二酚、浓盐酸,均为国产分析纯。

1.2 仪器与设备

仪器与设备:PBI Dansensor 氧气/二氧化碳测定仪,丹麦丹尼森公司;手持数显糖度计,日本爱拓公司;手持式硬度计(FT327),意大利;色差仪(CR-400),日本美能达;DDS-307 数字式电导率仪,上海精密科学仪器有限公司;UV5100 型紫外可见分光光度计,上海元析仪器有限公司;恒温恒湿箱,日本松下MPR-721。

1.3 方法

1.3.1 材料处理

将苹果洗净后,切分四等分,去皮去核,将切好的苹果块分别放入蒸馏水、体积分数为30%的乙醇溶液(预试验优化得到的最佳浓度)、体积分数为30%乙醇溶液+质量浓度为10 g/L Vc 溶液中浸泡5 min,取出后自然风干,再装入塑料托盘,用2层保鲜膜封口,置于4℃恒温箱中保存,分别于贮藏前,以及第2,4,6,8天进行取样,测定其相关指标,所有指标均重复3次实验,并取平均值。仅在货架期第7天检测大肠杆菌群数和菌落总数。

1.3.2 指标测定

1.3.2.1 果实品质指标及膜脂过氧化指标测定

果实质量损失率采用称量法测定。果实组织硬度采用手持式果实硬度计测定。果实可溶性固形物含量采用手持数显糖度计测定。果实组织膜透性根据文献[9]的方法,采用电导率仪来进行测定。

1.3.2.2 果实组织包装袋内气体成分测定

每次取样前,采用氧气/二氧化碳测定仪对包装袋内气体组成进行测定。

1.3.2.3 果实组织颜色变化指标测定

色值测定参照王武等^[10]的方法,分别在每块苹果组织选取均匀的表面采用美能达色差仪进行测定,记录L, a 和 b 值。总酚和总醌含量根据文献[11]来进行测定。

1.3.2.4 活性氧代谢酶活性测定

多酚氧化酶(Polyphenol Oxidase, PPO)活性根据文献[12]进行测定;过氧化物酶(Peroxidase, POD)活性测定根据文献[13]进行测定;苯丙氨酸解氨酶(Phenylammonialyase, PAL)活性根据文献[14]进行测定。

1.3.2.4 微生物数量测定

大肠菌群数采用GB 4789.3—2010 MPN 计数法进行测定;菌落总数根据GB 4789.2—2010 进行测定^[15]。

1.4 数据处理

该试验采用Excel 2007 软件对数据进行整理作图,数据选用SPSS 17.0 软件进行方差分析, $P < 0.05$ 表示差异显著。

2 结果与分析

2.1 不同处理对鲜切苹果品质和衰老进程的影响

质量损失率和果实硬度是衡量鲜切水果货架期品质的重要因素。由图1a可知,随着货架期的延长,

不同处理的质量损失率均呈现缓慢上升趋势。乙醇处理抑制了质量损失率的升高速度,而乙醇复合 Vc 处理在货架期第 6 天时反而促进了果实组织的质量损失率。不同处理果实的硬度则随着货架期的延长,呈现迅速下降的趋势,乙醇处理在货架前 4 d 能延缓硬度的下降速度,货架期第 2 天和第 4 天时,乙醇处理组果实的硬度显著高于对照组和乙醇复合 Vc 处理组的果实硬度(见图 1b)。Yan 等^[16]认为乙醇的体积分数低于 20% 的处理有利于苹果果实硬度的保持,而乙醇的体积分数高于 30% 的处理可能会对组织造成伤害,但文中研究结果表明,采用乙醇(体积分数为 30%) 浸泡对于鲜切寒富苹果没有显示出伤害作用,此结果与前期预实验结果一致。乙醇处理可能通过抑制乙烯合成相关酶活性,从而延缓组织衰老和硬度下降的速率^[17-18]。由此可见,乙醇处理有利于延缓鲜切苹果货架期失水速度,保持果实硬度。

可溶性固形物含量既可以用于衡量果实品质,又能反映鲜切果实呼吸消耗的速率。从图 2a 可以看出,随着货架期的延长,果实中可溶性固形物含量呈现逐渐下降的趋势,而采用乙醇或乙醇复合 Vc 处理

在货架期前 4 d 有利于保持较高的可溶性固形物含量,在整个货架期间,2 个处理组果实中可溶性固形物含量均高于对照组。相对电导率是反映鲜切果实组织衰老及伤害程度的指标,从图 2b 可以看出,随着货架期的延长,苹果组织的电导率呈现缓慢升高的趋势,单纯采用乙醇或乙醇复合 Vc 能不同程度地抑制苹果组织在货架期间相对电导率的升高,其中以乙醇单独处理的效果最好。低的电导率意味着乙醇或乙醇复合处理对细胞膜具有一定的保护作用^[19],因此单独采用乙醇处理或乙醇复合 Vc 处理均有利于延缓鲜切苹果组织的衰老进程,有利于保持果实中的可溶性固形物含量。

2.2 不同处理对鲜切苹果包装内气体组成的影响

鲜切苹果包装袋内 O_2 含量随着货架期的延长呈现先迅速下降,后缓慢下降的变化趋势,而 CO_2 含量则呈现先迅速上升,后缓慢增加的变化趋势(图 3)。在货架中期(2~4 d)对照处理包装内含有最高浓度的 O_2 ,而乙醇处理与乙醇复合 Vc 处理间差异不大(图

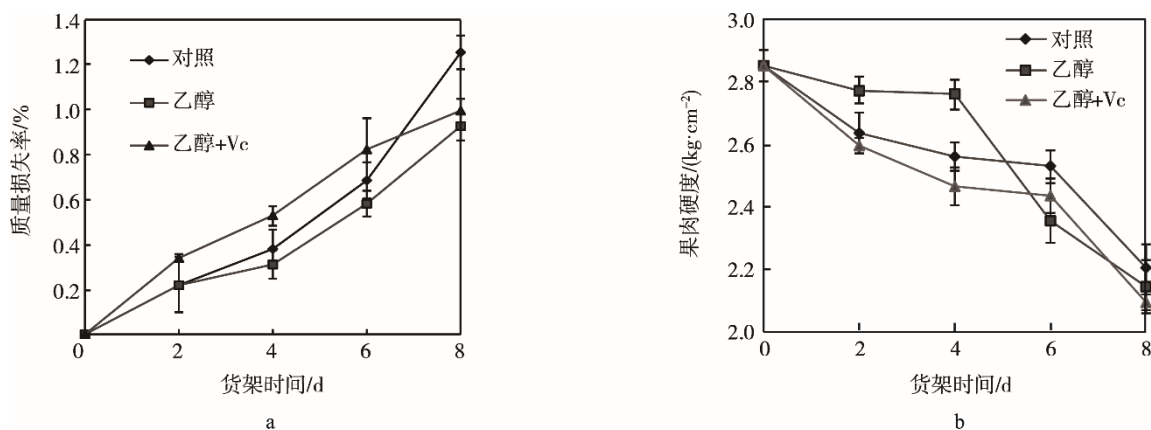


图 1 乙醇复合抗坏血酸处理对鲜切苹果货架期质量损失率和果肉硬度的影响

Fig.1 Effect of weight loss rate and fruit firmness of fresh-cut apple treated by ethanol combined with Vc during shelf life

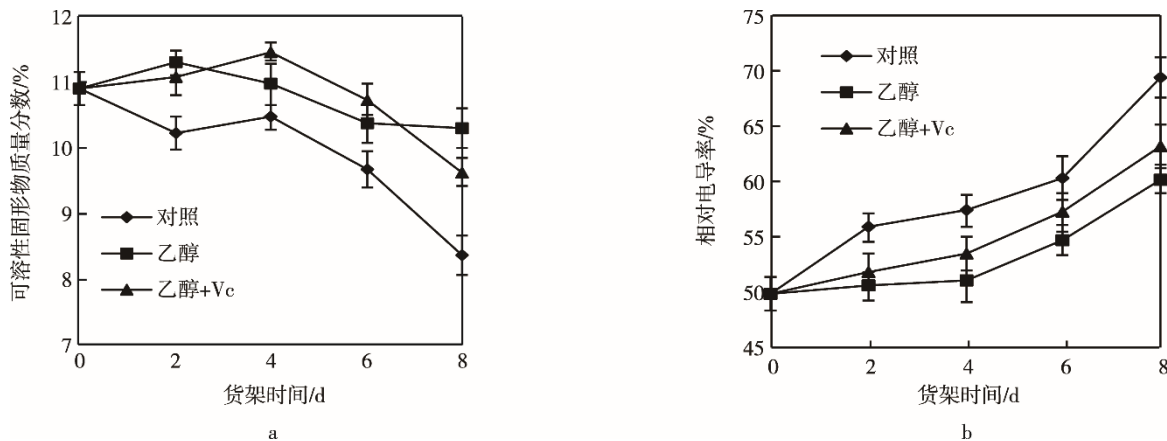


图 2 乙醇复合抗坏血酸处理对鲜切苹果货架期固形物含量和相对电导率的影响

Fig.2 Effect of soluble solid content and relative conductivity of fresh-cut apple treated by ethanol combined with Vc during shelf life

3a)。与 O₂ 不同的是，在货架中期 (2~4 d) 对照样品包装内 CO₂ 增加的速度和含量均低于处理组的，货架后期，处理组与对照组间差异不大(图 3b)。处理组 O₂ 浓度的快速降低与 CO₂ 含量迅速增加相一致，可能是经处理后促进了呼吸速率所致，而处理组包装内低 O₂ 和高 CO₂ 则有利于发挥气调保鲜的效果，这与保持果实硬度，延缓衰老进程相吻合。也有报道发现，乙醇处理有利于降低呼吸强度，但又不能很好地解释货架期间处理组 O₂ 浓度迅速降低的原因^[16, 18]。

2.3 不同处理对鲜切苹果组织颜色的影响

颜色变化是衡量鲜切果实组织表面最重要的感官性状之一。L 值主要表征组织表面亮度，L 值降低表明褐变发生^[20]。如表 1 所示，随着货架期的延长，对照处理组样品的 L 值迅速降低，乙醇或乙醇复合

Vc 处理延缓了 L 值的降低速度，其中以乙醇单独处理的效果最好，但两者差异不大。a 值表征样品表面的红值，a 值越大，表示颜色越偏红色(棕色)，褐变发生得越严重。如表 1 所示，a 值随着时间的延长，从负值逐渐增大，乙醇和乙醇复合 Vc 处理延缓了 a 值的增大，其中乙醇复合 Vc 处理的效果好于乙醇单独处理的。b 值主要表征由蓝色向黄色的变化，因此 b 值越大，代表与黄色相关的鲜切组织表面褐变发生越严重。所有样品的 b 值随着货架期的延长，逐渐增大，乙醇或乙醇复合 Vc 处理能不同程度地抑制组织表面 b 值的升高，其中以乙醇单独处理的效果最好，此外乙醇处理还能抑制鲜切甘蔗^[21]、生菜^[5]、荸荠^[22]和茼蒿^[23]等组织表面褐变的发生，保持组织表面颜色。这个结果表明，乙醇具有抑制鲜切苹果贮藏期间褐变的作用和潜力，有望作为有效的鲜切果实褐变抑制剂。

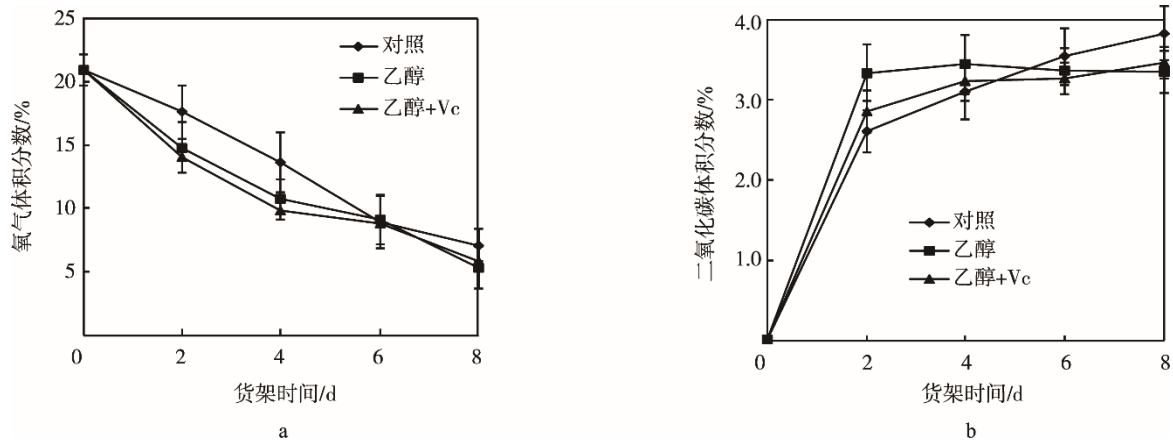


图 3 乙醇复合抗坏血酸处理对鲜切苹果货架期氧气含量和二氧化碳含量的影响
Fig.3 Effect of O₂ and CO₂ content of fresh-cut apple treated by ethanol combined with Vc during shelf life

表 1 乙醇复合抗坏血酸处理对鲜切苹果货架期色值的影响
Tab.1 Effect of color value of fresh-cut apple treated by ethanol combined with Vc during shelf life

色值	货架时间	对照组	乙醇处理组	乙醇+Vc处理组
L*	0	79.38±1.41	79.38±1.41	79.38±1.41
	2	76.65±0.53	79.21±0.08	78.38±1.08
	4	75.63±1.47	78.98±1.36	78.50±0.32
	6	71.55±0.97	78.29±0.24	77.37±0.14
	8	70.85±0.61	77.12±1.69	75.14±1.07
a*	0	-1.89±0.87	-1.89±0.87	-1.89±0.87
	2	-1.64±0.10	-1.12±0.17	-1.95±0.69
	4	-1.56±0.72	-1.44±0.69	-1.89±0.34
	6	-1.58±0.79	-1.11±0.33	-1.01±0.63
	8	-0.69±0.16	-1.70±0.18	-2.22±0.01
b*	0	27.48±1.13	27.48±1.13	27.48±1.13
	2	29.24±0.74	28.77±0.15	30.80±0.46
	4	28.68±0.96	29.12±1.31	31.12±1.31
	6	33.34±1.29	28.73±0.81	29.29±1.38
	8	31.80±0.22	27.49±0.35	32.52±0.06

总酚和总醌类物质与鲜切果实的表面组织褐变关系密切,一般认为酚类物质在 O_2 的参与下,经酶催化成醌类物质,醌类物质聚合成为深褐色的化合物,从而发生褐变^[24],因此鲜切苹果组织中酚类物质的含量与果实的褐变程度密切相关^[25]。从图 4a 可以看到,对照组果实组织中总酚含量在货架初期迅速降低,之后缓慢降低。乙醇复合 Vc 处理延缓了总酚含量的降低速度,而单纯乙醇处理组中果实的总酚含量呈现先升高后降低的变化趋势,而且在整个货架期间,处理组的总酚含量均高于对照组的,其中乙醇单独处理的样品中总酚含量最高,这与 Yan 等^[5]在鲜切生菜中的研究结果一致。与酚类物质含量降低相对应的是鲜切苹果组织中的醌类物质呈现先升高后剧烈降低的变化趋势。与酚类物质降低速度相吻合的是,对照组中醌类物质的升高速度最快,而乙醇单纯处理中醌类物质的升高速度最小,且含量在整个货架期间均低于其他处理组(图 4b)。总酚类物质与醌类物质的变化规律高度对应,而且与色值结果完全吻合,因此乙醇可能是通过抑制酚类物质的氧化,从而延缓了醌类物质的积累与聚合,从而体现在感官上抑制了鲜切苹果组织的褐变发生与颜色变化。

2.4 不同处理对鲜切苹果氧化酶活性的影响

多酚氧化酶(PPO)是催化酚类物质氧化的关键酶,与鲜切果蔬货架期间的褐变速度和程度密切相关。由图 5a 可以看出,对照组的 PPO 活性呈现先上升后下降的趋势,在第 4 天达到峰值,乙醇或乙醇复合 Vc 处理不同程度地延缓了 PPO 活性的升高速度,在整个贮藏过程中处理组样品中 PPO 活性均低于对照组,其中乙醇单独处理的效果最好。对照组样品中总酚物质的迅速降低与其 PPO 活性显著升高及醌类物质积累进程相适应。以前的研究认为,单纯的进行 Vc 处理不能影响 PPO 活性,只是延缓了醌类物质的生成,从而抑制褐变的发生^[26]。由此可见,对于 PPO 活性的抑制可能主要归结于乙醇的作用。

不同处理对鲜切寒富苹果货架期间 POD 活性的影响见图 5b,对照组样品中的 POD 活性在贮藏前期迅速升高,第 4 天时达到最大值,随后缓慢降低,乙醇或乙醇复合 Vc 处理样品中的酶活性与对照变化趋势一致,但酶活性在整个货架期间均低于对照组果实,而且以乙醇单纯处理组的活性更低。此结果与乙醇处理鲜切甘蔗的结果相一致^[27]。文中结果表明,乙醇处理有利于抑制鲜切寒富苹果组织中的 POD 活性。

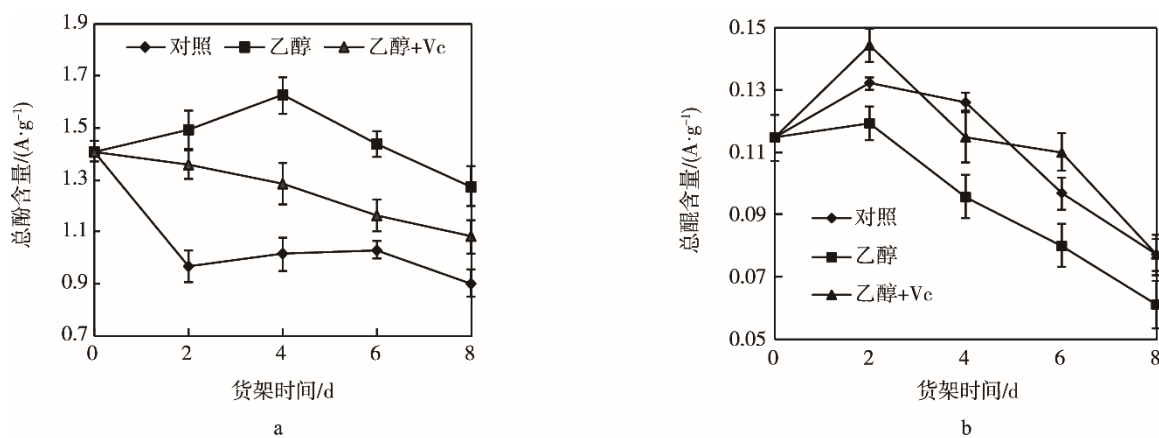


图 4 乙醇复合抗坏血酸处理对鲜切苹果货架期总酚含量和总醌含量的影响

Fig.4 Effect of total phenolics and total quinone content of fresh-cut apple treated by ethanol combined with Vc during shelf life

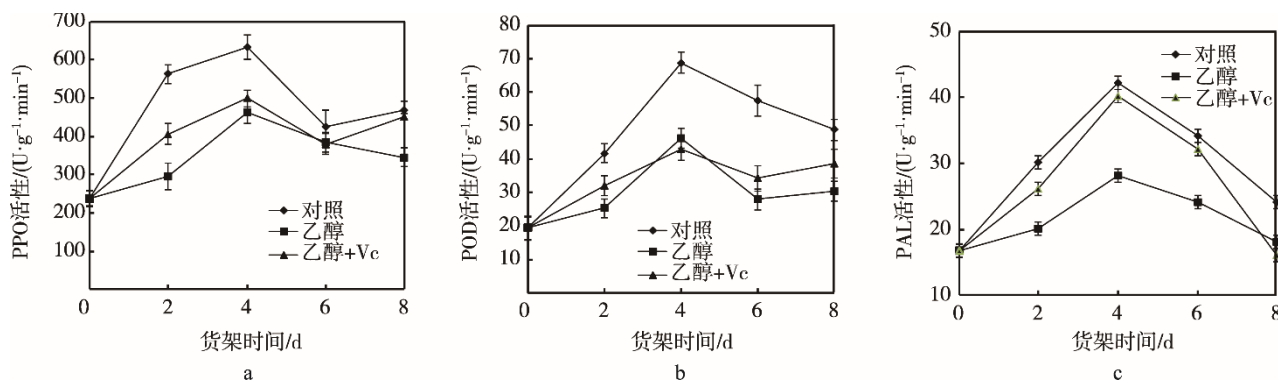


图 5 乙醇复合抗坏血酸处理对鲜切苹果货架期 PPO, POD 和 PAL 活性的影响

Fig.5 Effect of PPO, POD and PAL activity of fresh-cut apple treated by ethanol combined with Vc during shelf life

不同处理组样品中 PAL 活性变化见图 5c, 货架初期对照组和处理组样品中的 PAL 活性均迅速升高, 货架期第 4 天时活性达到峰值, 随后降低。乙醇处理抑制了果实中 PAL 活性的升高速率, 在整个货架期中, 均低于对照组和乙醇复合 Vc 处理组样品的活性。乙醇处理可能是通过抑制活性氧产生和活性氧代谢酶活性, 从而延缓鲜切果实褐变发生的进程^[7], 其中就包括对 PAL 活性的抑制作用, 进而影响酚类物质的合成, 因此乙醇能够抑制鲜切苹果果实中的 PAL 活性。

2.4 不同处理对鲜切苹果组织微生物数量的影响

鲜切果实货架期间微生物数量及生长情况是保

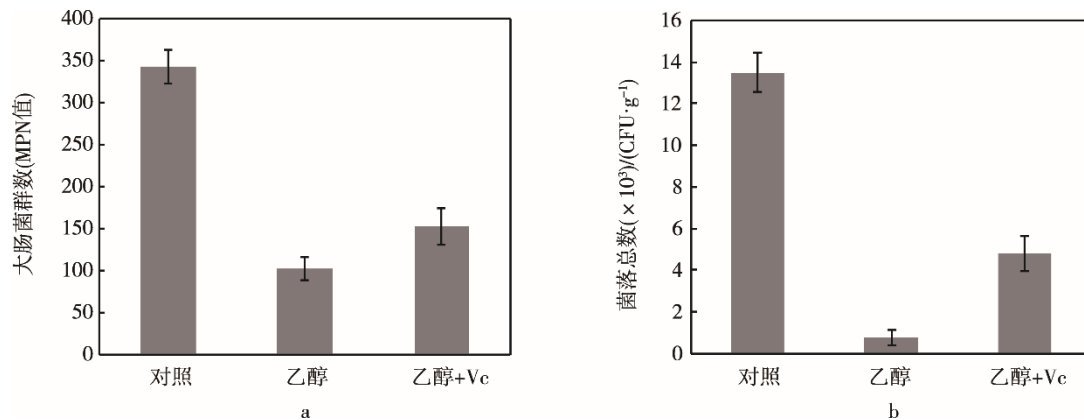


图 6 乙醇复合抗坏血酸处理对鲜切苹果货架时间第 7 天时大肠杆菌和菌落总数的影响

Fig.6 Effect of coliform and total bacteria count of fresh-cut apple treated by ethanol combined with Vc on the shelf life of 7 d

3 结语

文中研究结果表明,乙醇处理能显著延缓鲜切寒富苹果冷藏货架期间的衰老进程,保持硬度和可溶性固形物含量,降低失水率,从而保持果实品质。乙醇处理可能通过抑制褐变相关酶(PPO, POD, PAL)活性,降低酚类物质的氧化和醌类物质的积累,从而延缓鲜切果实组织表面褐变的发生进程。此外,乙醇还具有抑制微生物生长的效果。值得注意的是,乙醇复合 Vc 处理在多数情况下并未显示出正协同作用,甚至效果不如单纯使用乙醇处理的效果,可能是由于高浓度的乙醇溶液不利于 Vc 活性的保持,对于此有必要进行进一步的研究证实。由此可见,乙醇处理是一种能有效延长鲜切寒富苹果货架期的保鲜方法。

参考文献:

- [1] 罗海波,姜丽,余坚勇,等.鲜切果蔬的品质及贮藏保鲜技术研究进展[J].食品科学,2010,31(3):307—311.
- LUO Hai-bo, JIANG Li, YU Jian-yong, et al. Current

证产品安全的重要指标,也是衡量处理效果的最关键因素。货架时间为 7 d 时,不同处理鲜切寒富苹果中大肠杆菌数和菌落总数见图 6。从图 6 可以看出,乙醇或乙醇复合 Vc 处理组样品中大肠菌群数和菌落总数均显著低于对照组样品($P < 0.05$)。其中乙醇或乙醇复合 Vc 处理样品中大肠菌群数显著低于对照组果实,但 2 个处理间差异不显著(见图 6a),而乙醇和乙醇复合 Vc 处理样品中菌落总数极显著低于对照组($P < 0.01$),而单独采用乙醇处理样品的也显著低于乙醇复合 Vc 处理的(见图 6b)。乙醇^[22]和 Vc^[28]在果蔬的贮藏保鲜中均具有抑菌的作用,文中的结果也进一步证实了这种作用,乙醇复合 Vc 处理并没有显示出协同作用,而且文中试验结果表明,单独使用乙醇处理其抑菌效果更好。

- Advances in Preservation Technology of Fresh-cut Fruits and Vegetables[J]. Food Science, 2010, 31(3): 307—311.
- [2] CORTELLINO G, GOBBI S, BIANCHI G, et al. Modified Atmosphere Packaging for Shelf Life Extension of Fresh-cut Apples[J]. Trends in Food Science & Technology, 2015, 46(2): 320—330.
- [3] 罗海波,何雄,包永华,等.鲜切果蔬品质劣变影响因素及其可能机理[J].食品科学,2012,33(15): 324—330.
- LUO Hai-bo, HE Xiong, BAO Yong-hua, et al. Affecting Factors and Possible Mechanisms of Quality Deterioration in Fresh-cut Fruits and Vegetables[J]. Food Science, 2012, 33(15): 324—330.
- [4] SOLIVA-FORTUNY R C, MARTIN-BELLOSO O. New Advances in Extending the Shelf-life of Fresh-cut Fruits: a Review[J]. Trends in Food Science & Technology, 2003, 14(9): 341—353.
- [5] YAN S, YANG T, LUO Y. The Mechanism of Ethanol Treatment on Inhibiting Lettuce Enzymatic Browning and Microbial Growth[J]. LWT-food Science and Technology, 2015, 63(1): 383—390.
- [6] HERPPICH W B, HUYSKENS-KEIL S,

- HASSENBERG K. Impact of Ethanol Treatment on Physiological and Microbiological Properties of Fresh White Asparagus (*Asparagus officinalis* L) Spears[J]. *LWT-food Science and Technology*, 2014, 57(1): 156—164.
- [7] HU W, JIANG A, TIAN M, et al. Effect of Ethanol Treatment on Physiological and Quality Attributes of Fresh-cut Eggplant[J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2010, 90(8): 1323—1326.
- [8] ZHANG W S, LI X, WANG X X, et al. Ethanol Vapour Treatment Alleviates Postharvest Decay and Maintains Fruit Quality in Chinese Bayberry[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2007, 46(2): 195—198.
- [9] CHEN A, HAN R, LI D, et al. A Comparison of Two Methods for Electrical Conductivity about Plant Leaves [J]. *Journal of Guangdong Education Institute*, 2010, 5: 18.
- [10] 王武, 陈从贵, 张莉. 鲜切莴苣护色处理的试验研究[J]. *食品科技*, 2004(3): 32—34.
WANG Wu, CHEN Cong-gui, ZHANG Li. Study on Anti-brown Treatments of MP lettuce[J]. *Food Science and Technology*, 2004(3): 32—34.
- [11] KE D, SALTVEIT M E. Plant Hormone Interaction and Phenolic Metabolism in the Regulation of Russet Spotting in Iceberg Lettuce[J]. *Plant Physiology*, 1988, 88(4): 1136—1140.
- [12] DU J, FU Y, WANG N. Effects of Aqueous Chlorine Dioxide Treatment on Browning of Fresh-cut Lotus Root[J]. *LWT-food Science and Technology*, 2009, 42(2): 654—659.
- [13] LURIE S, FALLIK E, HANDROS A, et al. The Possible Involvement of Peroxidase in Resistance to Botrytis Cinerea in Heat Treated Tomato Fruit[J]. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 1997, 50(3): 141—149.
- [14] PAN Y G, LI Y X, YUAN M Q. Isolation, Purification and Identification of Etiolation Substrate from Fresh-cut Chinese Water-chestnut (*Eleocharis Tuberosa*) [J]. *Food Chemistry*, 2015, 186: 119—122.
- [15] GB 4789.2—2010, 食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定[S].
GB 4789.2 — 2010, National Food Safety Standard Food Microbiology Inspection Total Colony Determination[S].
- [16] YAN S, LUO Y, ZHOU B, et al. Dual Effectiveness of Ascorbic Acid and Ethanol Combined Treatment to Inhibit Browning and Inactivate Pathogens on Fresh-cut Apples[J]. *LWT-food Science and Technology*, 2017, 80: 311—320.
- [17] ASODA T, TERAH H, KATO M, et al. Effects of Postharvest Ethanol Vapor Treatment on Ethylene Responsiveness in Broccoli[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2009, 52(2): 216—220.
- [18] BAI J, BALDWIN E A, FORTUNY R C S, et al. Effect of Pretreatment of Intact Gala' Apple with Ethanol Vapor, Heat, or 1-Methylcyclopropane on Quality and Shelf Life of Fresh-cut Slices[J]. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 2004, 129(4): 583—593.
- [19] MENG X, HAN J, WANG Q, et al. Changes in Physiology and Quality of Peach Fruits Treated by Methyl Jasmonate under Low Temperature Stress[J]. *Food Chemistry*, 2009, 114(3), 1028—1035.
- [20] CASTANER, M, GIL M I, RUIZ M V, et al. Browning Susceptibility of Minimally Processed Baby and Romaine Lettuces[J]. *European Food Research and Technology*, 1999, 209, 52—56.
- [21] HOMAIDA M A, YAN S, YANG H. Effects of Ethanol Treatment on Inhibiting Fresh-cut Sugarcane Enzymatic Browning and Microbial Growth[J]. *LWT-food Science and Technology*, 2017, 77: 8—14.
- [22] 姜悦, 何凤平, 钟慧玲, 等. 乙醇处理对鲜切荸荠黄化及相关酶的影响[J]. *食品工业科技*, 2017, 10 (38): 326—330.
JIANG Yue, HE Feng-ping, ZHONG Hui-ling, et al. Effect of Ethanol Treatment on Fresh-cut Chinese Water Chestnut Etiolation and the Related Enzymes[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2017, 10(38): 326—330.
- [23] 刘洪丽. 鲜切莴苣、荸荠抗褐变剂筛选及其机理研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2016: 8—21.
LIU Hong-li. Screening Antibrowning Agent and Mechanism of Inhibiting the Browning on Fresh-cut Lettuce and Chinese Water-chestnut[D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2016: 8—21.
- [24] WU Z, ZHANG M, WANG S. Effects of High Pressure Argon Treatments on the Quality of Fresh-cut Apples at Cold Storage[J]. *Food Control*, 2012, 23(1): 120—127.
- [25] CHEN B N, XING R, WANG F, et al. Inhibitory Effects of α -Na 8 SiW 11 CoO 40 on Tyrosinase and Its Application in Controlling Browning of Fresh-cut Apples[J]. *Food Chemistry*, 2015, 188(1): 177—183.
- [26] ALTUNKAYA A, GÖKMEN V. Effect of Various Inhibitors on Enzymatic Browning, Antioxidant Activity and Total Phenol Content of Fresh Lettuce (*Lactuca Sativa*) [J]. *Food Chemistry*, 2008, 107(3): 1173—1179.
- [27] LIU W W, QI H Y, XU B H, et al. Ethanol Treatment Inhibits Internal Ethylene Concentrations and Enhances Ethyl Ester Production during Storage of Oriental Sweet Melons (*Cucumis Melo* var *Makuwa Makino*) [J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2012, 67: 75—83.
- [28] SHAHKOOHAHALLY S, RAMEZANIAN A. Effect of Natural Aloe Vera gel Coating Combined with Calcium Chloride and Citric Acid Treatments on Grape (*Vitis Vinifera* L cv Askari) Quality during Storage[J]. *American Journal of Food Science and Technology*, 2014, 2(1): 1—5.