

陈永忠. 加拿大一枝黄花乙醇提取物的抑菌效应及在脐橙保鲜中的应用[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(21): 200–204.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.21.051

加拿大一枝黄花乙醇提取物的抑菌效应 及在脐橙保鲜中的应用

陈永忠

(豫章师范学院继续教育中心, 江西南昌 330103)

摘要:为开发新型的果蔬天然保鲜剂,以赣南脐橙果实为研究对象,分析加拿大一枝黄花不同部位乙醇提取物的抑菌效应及其对脐橙储藏保鲜的影响。结果表明,加拿大一枝黄花不同部位乙醇提取物对意大利青霉(*Penicillium italicum*)、指状青霉(*P. digitatum*)和柑橘链格孢(*Alternaria citri*)3种病原菌均存在不同程度的抑制作用,其中花部位抑制作用最强,最佳抑制浓度为0.075 g/mL,综合抑菌率达到85.97%;加拿大一枝黄花花部位乙醇提取物可以降低脐橙的腐败率和失质量率,以0.075 g/mL浓度处理效果最佳,较对照分别降低34.04%、6.13个百分点;加拿大一枝黄花花部位乙醇提取物可以提升脐橙储藏品质,以0.075 g/mL浓度处理效果最佳,硬度、维生素C含量、可溶性固形物含量和可滴定酸含量分别较对照提升22.81%、29.52%、1.35%、0.17个百分点;加拿大一枝黄花花部位乙醇提取物可以提升采后脐橙的超氧化物歧化酶(superoxide dismutase,简称SOD)和苯丙氨酸解氨酶(phenylalanine ammonia lyase,简称PAL)活性,以0.075 g/mL浓度处理效果最佳,较对照分别提升25.98%、28.68%。由结果可见,加拿大一枝黄花花部位乙醇提取物可提升采后脐橙的抗病性和储藏品质,该结果可以为加拿大一枝黄花的资源利用和脐橙储藏保鲜提供理论依据。

关键词:加拿大一枝黄花;乙醇提取物;脐橙;抑菌;保鲜

中图分类号:S482.2⁺92;TS255.3

文献标志码:A

文章编号:1002-1302(2018)21-0200-05

脐橙(*Citrus sinensis* Osbeck)属芸香科柑橘属,富含维生素C等人体所必需的多种营养成分和活性物质,营养和保健价值较高,深受人们的喜爱,是江西地区重要的经济作物^[1]。近年来,随着脐橙种植规模的不断扩大,集中销售的压力也越来越大,如何提高储藏保鲜品质,延长供应期已成为脐橙产业亟须解决的关键问题^[2]。青霉病、绿霉病和黑腐病是脐橙储藏过程中最为常见的3种侵染性病害,分别由意大利青霉(*Penicillium italicum*)、指状青霉(*P. digitatum*)和柑橘链格孢

(*Alternaria citri*)引起,常造成脐橙果实大量腐烂,严重影响经济效益^[3-4]。目前,在生产上主要使用冷藏结合化学药剂的方法进行脐橙储藏保鲜,常用化学剂有抑霉唑、噻菌灵等,长期使用不仅会对人体健康造成严重威胁,而且会引起环境污染和病原菌的抗药性,高效、安全、低成本的天然保鲜剂已成为当今果蔬储藏保鲜研究的热点^[5]。

加拿大一枝黄花(*Solidago decurrens* L.)是一种入侵我国的恶性杂草,蔓延速度较快,严重影响我国农业生产,已成为我国外来入侵植物的防治重点^[6-8]。现有研究表明,加拿大一枝黄花体内含有大量的萜类、多酚类、黄酮类等活性物质,如何变废为宝、合理利用已成为当前研究的重要内容^[9]。丁月等研究表明,加拿大一枝黄花叶部精油对灰霉菌的抑菌效

收稿日期:2017-11-29

基金项目:江西省教育厅科技项目(编号:GJJ14249)。

作者简介:陈永忠(1970—),男,江西宜春人,硕士,讲师,研究方向为植物资源利用。E-mail:209959209@qq.com。

1441-1446.

[8] 风俐竹. 香菇多糖提取工艺研究进展[J]. 广东化工, 2015, 42(13): 138-139.

[9] 史娟. 微波预处理-超声波提取山茱萸多糖及稳定性研究[J]. 食品研究与开发, 2014, 35(1): 1-5.

[10] 董群, 郑丽伊, 方积年. 改良的苯酚-硫酸法测定多糖和寡糖含量的研究[J]. 中国药理学杂志, 1996, 31(9): 550-553.

[11] Benzie I F, Strain J J. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": The FRAP assay [J]. Analytical Biochemistry, 1996, 239(1): 70-76.

[12] 李亚辉, 马艳弘, 黄开红, 等. 响应面法优化复合酶提取芦荟多糖工艺及其抗氧化活性分析[J]. 食品科学, 2014, 35(18): 63-68.

[13] Atoui A K, Mansouri A, Boskou G, et al. Tea and herbal infusions: their antioxidant activity and phenolic profile [J]. Food Chemistry,

2005, 89(1): 27-36.

[14] 曹炜, 卢珂, 陈卫军, 等. 不同种类蜂蜜抗氧化活性的研究[J]. 食品科学, 2005, 26(8): 352-356.

[15] 张双灵, 李文香, 赵海燕, 等. 超声波协同酶法提取香菇多糖的工艺优化[J]. 食品科技, 2016, 41(3): 192-196.

[16] 刘航, 国旭丹, 马雨洁, 等. 超声波辅助提取苦荞麦多糖工艺优化及其体外抗氧化研究[J]. 食品科学, 2013, 34(14): 45-50.

[17] 刘强, 吴艳, 吴金鸿, 等. 超声波辅助提取胖大海多糖工艺优化[J]. 食品科学, 2012, 33(20): 99-103.

[18] 张敏瑜, 齐延林, 杨弘华, 等. 香菇多糖提取工艺优化及其抗氧化与抑菌功效研究[J]. 中国农学通报, 2016, 32(11): 39-42.

[19] 苏晨曦, 陈文强, 彭浩, 等. 微波辅助提取香菇多糖工艺的响应面优化[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2015, 43(11): 200-206.

果和对菌体的破坏能力显著优于花部精油^[10];李军红等研究表明,加拿大一枝黄花叶挥发油对金黄色葡萄球菌、番茄青枯病菌、马铃薯腐病病菌、白菜软腐病病菌、桃根腐病病菌均有一定的抑制作用^[11];张基胜等研究表明,加拿大一枝黄花水提取液对螨虫具有一定的杀灭活性,且对人畜安全,可用于植物源农药的开发^[12];汤晓等研究表明,苗期加拿大一枝黄花的叶片乙醇提取物具有较高的抗亚油酸过氧化活性,可作为天然抗氧化剂加以利用^[13];刘淑敏等研究表明,草莓果实采用加拿大一枝黄花精油熏蒸处理可明显减缓衰老速度和降低腐烂率,可用于天然保鲜剂的开发^[14]。但目前关于加拿大一枝黄花乙醇提取物对脐橙储藏保鲜方面的研究少有报道。因此,本研究以赣南脐橙果实为对象,分析加拿大一枝黄花不同部位乙醇提取物对脐橙致病菌的抑菌效应和脐橙储藏保鲜的影响,以期对加拿大一枝黄花的资源利用和脐橙储藏保鲜提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试脐橙品种为赣南脐橙,购于江西省南昌市豫章农贸市场,所购果实色泽、成熟度及大小相近,无明显的病虫害和机械损伤;供试菌种为意大利青霉、指状青霉和柑橘链格孢,由中国农业科学院植物保护研究所提供;供试加拿大一枝黄花种子采自华东交通大学孔目湖边,在豫章师范学院日光温室进行种植。

1.2 试验方法

1.2.1 试验设计 试验于 2016 年 5 月 15 日在豫章师范学院实验室进行。加拿大一枝黄花根、茎、叶及花部位的乙醇提取物参照刘佑席的方法^[15]进行制备,分别将浓度设置为 0.1 g/mL 进行抑菌试验,具体参照任艳芳等方法^[16]进行;采用倍数稀释法将抑菌效应最好的花部位乙醇提取物浓度分别设置为 0.025、0.050、0.075、0.100、0.200 g/mL 进行最低抑菌浓度(minimum inhibitory concentration,简称 MIC)试验,具体参照任艳芳等方法^[16]进行;乙醇提取物对脐橙储藏保鲜影响试验共设置 6 个处理,即分别以花部位乙醇提取物浓度为 0.025、0.050、0.075、0.100、0.200 g/mL 的溶液浸泡 3 min,以生理盐水浸泡作为对照,待自然风干后,用 PE(聚乙烯)保鲜袋包装,放入冷藏柜进行储藏,每个处理 600 个果实,其中 400 个果实用于随机挑选测定各项指标,200 个果实用于病原菌接种,病原菌菌体浓度为 1×10^6 个/mL,接种量为 20 μ L,测定发病率。

1.2.2 项目测定及方法 采用任艳芳等方法^[16]进行病原菌抑制率测定,抑制率(I) = $(D_0 - D_L) / D_L \times 100\%$,其中 D_0 表示对照菌落直径, D_L 表示处理菌落直径;发病率 = 发病数/总数 $\times 100\%$;脐橙储藏品质指标测定从储藏当天开始,每隔 15 d 测定 1 次,具体指标及方法为腐败率 = 腐败数/总数 $\times 100\%$;失质量率 = (果实储藏前质量 - 果实储藏后质量)/果实储藏前质量 $\times 100\%$;硬度采用手持硬度计法测定;维生素 C、可滴定酸及可溶性固形物含量分别采用 2,6-二氯酚靛酚法、酸碱中和转移法和折光仪法进行测定;超氧化物歧化酶(superoxide dismutase,简称 SOD)活性和苯丙氨酸解氨酶(phenylalanine ammonia lyase,简称 PAL)活性测定分别采用

抑制氮蓝四唑(NBT)光还原比色法和苯丙氨酸比色法。

1.2.3 数据分析 采用 Excel 2007 软件对数据进行处理及作图,用 SPSS 18.0 软件进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 加拿大一枝黄花不同部位乙醇提取物的抑菌效果

如表 1 所示,在乙醇提取物供试质量浓度为 0.1 g/mL 的条件下,加拿大一枝黄花根、茎、叶、花 4 个不同部位的乙醇提取物对脐橙 3 种病原菌的抑制率存在明显差异。花部位乙醇提取物对意大利青霉的抑制率为 87.39%,与叶部位间差异达到显著水平($P < 0.05$),与根、茎部位间差异达到极显著水平($P < 0.01$);花部位的乙醇提取物对指状青霉的抑制率为 79.25%,与根、茎部位间差异达到极显著水平($P < 0.01$);花部位的乙醇提取物对柑橘链格孢的抑制率为 91.26%,与叶部位间差异达到显著水平($P < 0.05$),与根、茎部位间差异达到极显著水平($P < 0.01$);通过比较加拿大一枝黄花 4 个不同部位乙醇提取物的综合抑菌效果可知,花部位乙醇提取物对 3 种病原菌的综合抑制率最高,平均为 85.97%,较根、茎、叶部位的综合抑菌效率分别提升 18.63、21.10、7.81 百分点,与叶部位间差异达到显著水平($P < 0.05$),与根、茎部位间差异达到极显著水平($P < 0.01$)。这说明,加拿大一枝黄花不同部位的乙醇提取物对脐橙 3 种病原菌的生长存在不同程度的抑制作用,花部位抑制作用最强。

表 1 加拿大一枝黄花不同部位乙醇提取物对 3 种脐橙病原菌的抑制率

部位	抑制率(%)			
	意大利青霉	指状青霉	柑橘链格孢	平均值
根	68.15ABb	67.29ABbc	66.57ABb	67.34ABb
茎	65.88ABb	62.59Ab	66.14ABb	64.87ABb
叶	80.04BCc	72.25BCcd	82.18BCc	78.16BCc
花	87.39Cd	79.25Cd	91.26Cd	85.97Cd
对照	0Aa	0Aa	0Aa	0Aa

注:同列数据后不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著,不同大写字母表示在 0.01 水平上差异显著,下表同。

不同浓度加拿大一枝黄花花部位乙醇提取物对脐橙病原菌的抑制率如表 2 所示,花部位乙醇提取物对意大利青霉、指状青霉和柑橘链格孢 3 种病原菌的 MIC 分别为 0.075、0.050、0.100 g/mL。0.025、0.050、0.075、0.100、0.200 g/mL 质量浓度的乙醇提取物平均抑菌效率分别为 66.46%、76.01%、84.36%、85.97%、85.97%,其中,质量浓度为 0.075 g/mL 的平均抑菌效率与 0.050、0.025 g/mL 间差异分别达到显著水平($P < 0.05$)、极显著水平($P < 0.01$),而与 0.100、0.200 g/mL 的平均抑菌效率差异均未达到显著水平($P > 0.05$)。这说明,不同浓度的加拿大一枝黄花花部位乙醇提取物对脐橙 3 种病原菌的抑制率存在明显不同,其中以质量浓度为 0.075 g/mL 的处理效果较为理想。

2.2 加拿大一枝黄花乙醇提取物对脐橙发病率的影响

由表 3 可知,脐橙在经病原菌接种 10 d 后,对照脐橙的青霉病、绿霉病、黑腐病发病率分别高达 79.62%、85.83%、87.19%。经 5 种质量浓度的加拿大一枝黄花花部位乙醇提取物处理,脐橙的青霉病、绿霉病及黑腐病发病率均有不同程

表 2 不同浓度加拿大一枝黄花花部位乙醇提取物对 3 种脐橙病原菌的抑制率

乙醇提取物 浓度(g/mL)	抑制率(%)			
	意大利青霉	指状青霉	柑橘链格孢	平均值
0.025	68.73ABb	64.33ABb	66.32ABb	66.46ABb
0.050	75.69BCc	79.25Bc	73.08ABb	76.01BCc
0.075	87.39Cd	79.25Bc	86.44BCc	84.36Cd
0.100	87.39Cd	79.25Bc	91.26Cd	85.97Cd
0.200	87.39Cd	79.25Bc	91.26Cd	85.97Cd
对照	0Aa	0Aa	0Aa	0Aa

度的下降,其中质量浓度为 0.075 g/mL 处理的脐橙青霉病、绿霉病及黑腐病发病率分别较对照降低 53.8、55.9、60.44 百分点,而质量浓度为 0.025、0.050 g/mL 处理的脐橙发病率虽较对照有一定程度的降低,但均显著高于 0.075 g/mL 处理。这说明,不同浓度的加拿大一枝黄花花部位乙醇提取物可以抑制脐橙青霉病、绿霉病及黑腐病的发生,其中以质量浓度为 0.075 g/mL 的处理效果最佳。

表 3 不同浓度加拿大一枝黄花花部位乙醇提取物对脐橙发病率的影响

乙醇提取物浓度 (g/mL)	发病率(%)		
	青霉病	绿霉病	黑腐病
0.025	71.89Aa	78.56ABab	78.63ABab
0.050	62.58Aa	70.16ABb	63.85ABb
0.075	25.82Ab	29.93Bc	26.75Bc
0.100	24.33Ab	27.25Bc	25.18Bc
0.200	23.75Ab	26.76Bc	23.91Bc
对照	79.62Aa	85.83Aa	87.19Aa

2.3 加拿大一枝黄花乙醇提取物对脐橙储藏保鲜的影响

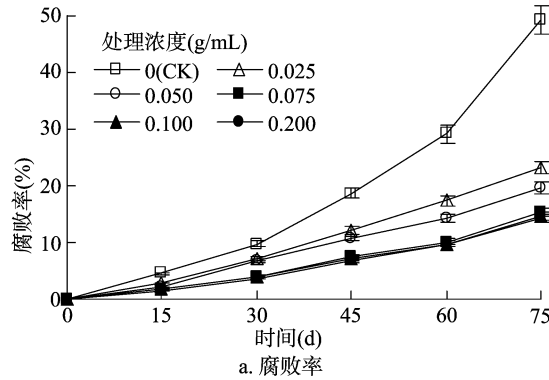
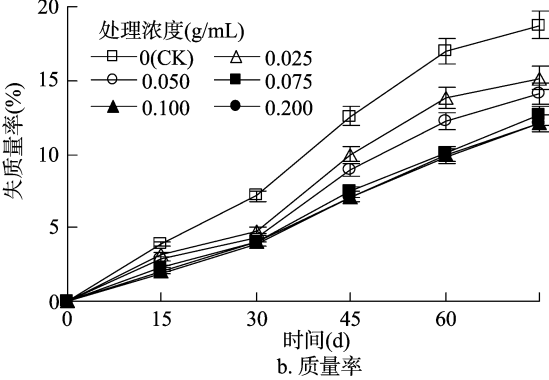


图 1 加拿大一枝黄花乙醇提取物对脐橙腐败率和失质量率的影响

2.3.1 加拿大一枝黄花乙醇提取物对脐橙腐败率和失质量率的影响 腐败率和失质量率是衡量果蔬采后储藏的重要指标^[17]。如图 1-a 所示,脐橙在储藏过程中,6 种处理的脐橙腐败率均随着时间的增加呈现逐渐上升的趋势,其中 CK 在整个储藏期间始终保持处理间最高。在储藏达到 75 d 时,0.025、0.050、0.075、0.100、0.200 g/mL 质量浓度的脐橙花部位乙醇提取物处理的脐橙腐败率分别达到 23.28%、19.66%、15.24%、14.62%、14.28%,较 CK 分别降低 26.00、26.92、34.04、34.66、35.00 百分点,质量浓度为 0.075 g/mL 处理的脐橙腐败率显著低于 0.025、0.500 g/mL 处理 ($P < 0.05$),与 0.100、0.200 g/mL 处理间差异未达到显著水平 ($P > 0.05$)。这说明,加拿大一枝黄花花部位乙醇提取物处理可以降低脐橙采后储藏的腐败率,其中以质量浓度为 0.075 g/mL 的处理效果最佳,其原因可能是由于加拿大一枝黄花花部位乙醇提取物处理可显著抑制脐橙病原菌生长。由图 1-b 可知,在 6 种处理条件下,脐橙失质量率随着储藏时间的延长均呈现逐渐上升的趋势,其中 CK 在整个储藏期间始终保持最高。在储藏达到 75 d 时,0.025、0.050、0.075、0.100、0.200 g/mL 质量浓度的脐橙花部位乙醇提取物处理的脐橙腐败率分别较对照降低 3.59、4.71、6.13、6.68、6.70 百分点,其中质量浓度为 0.075 g/mL 处理的脐橙失质量率显著低于 0.025、0.500 g/mL 处理 ($P < 0.05$),与 0.100、0.200 g/mL 处理间差异未达到显著水平 ($P > 0.05$)。这说明,加拿大一枝黄花花部位乙醇提取物处理可以降低脐橙采后储藏的失质量率,其中以质量浓度为 0.075 g/mL 处理的效果最佳,原因可能是加拿大一枝黄花花部位乙醇提取物处理的脐橙腐败率显著降低,进而造成脐橙呼吸消耗降低,失质量减少。



2.3.2 加拿大一枝黄花乙醇提取物对脐橙品质的影响 硬度、维生素 C 含量、可滴定酸含量及可溶性固形物含量是衡量果蔬储藏品质的重要指标^[18]。加拿大一枝黄花乙醇提取物对脐橙储藏品质的影响如图 2 所示,在整个储藏期间,6 种处理条件下的脐橙硬度、维生素 C 含量、可滴定酸含量及可溶性固形物含量均随着时间增加呈现逐渐降低的趋势,其中 CK 始终保持最低。在储藏达到 75 d 时,0.025、0.050、0.075、0.100、0.200 g/mL 质量浓度处理下的脐橙花部位乙醇提取物处理的脐橙硬度分别达到 1 797、1 835、2 057、2 082、2 105 g,较 CK 分别提升 7.28%、9.55%、22.81%、24.3%、25.67%;脐橙维生素 C 含量分别达到 40.18、42.18、

46.95、47.36、47.52 mg/100 g,较 CK 分别提升 10.84%、16.36%、29.52%、30.65%、31.09%;脐橙可滴定酸含量分别达到 0.37%、0.41%、0.48%、0.49%、0.51%,较 CK 分别提升 0.06、0.10、0.17、0.18、0.20 百分点;脐橙可溶性固形物含量分别达到 7.32%、7.45%、8.16%、8.22%、8.28%,较 CK 分别提升 0.51、0.64、1.35、1.41、1.47 百分点。其中,质量浓度为 0.075 g/mL 时,脐橙的硬度、维生素 C 含量、可滴定酸含量及可溶性固形物含量均显著高于 0.025、0.050 g/mL 处理 ($P < 0.05$),与 0.100、0.200 g/mL 处理间差异未达到显著水平 ($P > 0.05$)。这说明,加拿大一枝黄花花部位乙醇提取物可有效延缓脐橙变软,减缓维生素 C、可滴定酸及可溶性固形

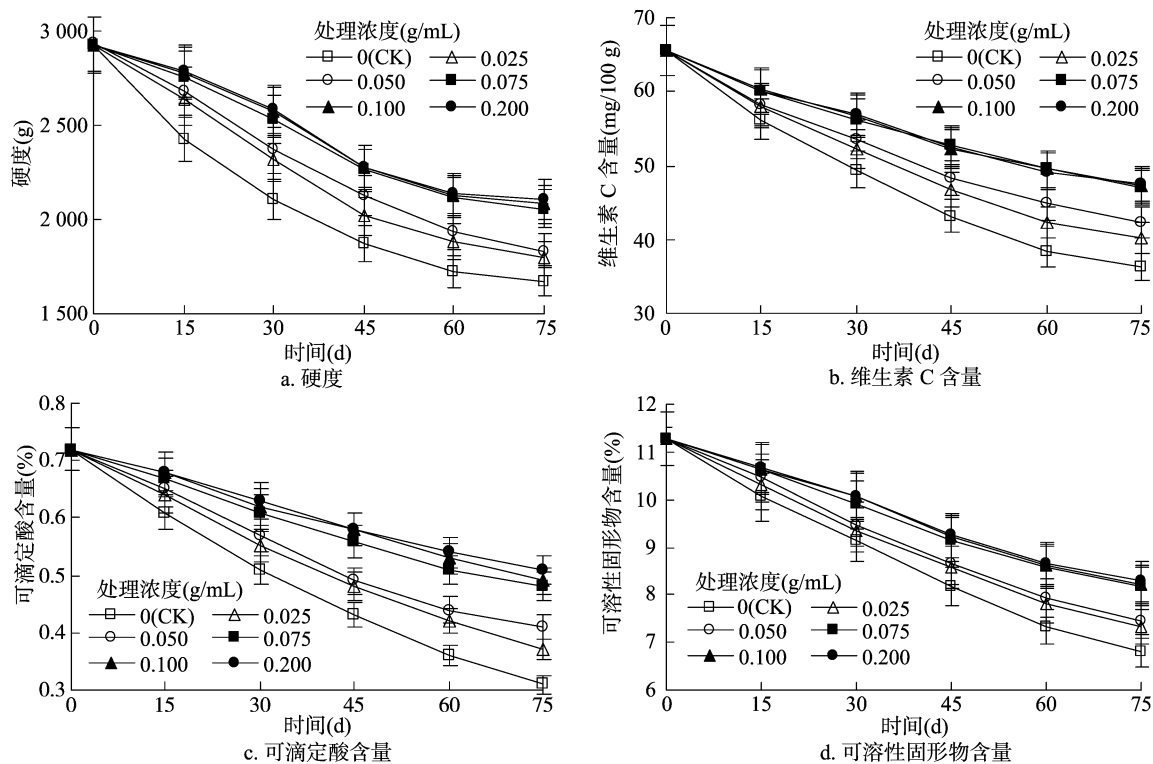


图2 加拿大一枝黄花乙醇提取物对脐橙品质指标变化的影响

物含量降低,提升脐橙储藏品质,其中尤以质量浓度为 0.075 g/mL 的处理最佳,原因可能是加拿大一枝黄花部位乙醇提取物可有效降低脐橙的呼吸强度,进而减缓脐橙维生素 C、可滴定酸及可溶性固形物含量的降低。

2.4 加拿大一枝黄花乙醇提取物对脐橙保护酶活性的影响

SOD 是植物体内清除过量 O_2^- 的保护酶,在维持活性氧代谢平衡方面发挥着重要作用,其活性越高,表明清除活性氧能力越强,越有利于果蔬的储藏^[19]。由图 3-a 可知,在 6 种处理条件下,脐橙 SOD 活性均随着储藏时间的延长而呈现先升高后降低的趋势,且 CK 的 SOD 活性始终保持最低。在储藏 30 d 时,CK 的 SOD 活性达到最大值,而 0.025、0.050、0.075、0.100、0.200 g/mL 质量浓度处理下的脐橙 SOD 活性则在 45 d 时达到最大值,分别为 695.15、764.83、1 068.59、1 118.73、1 120.08 U/(g·h),较 CK 分别提升 13.32%、19.47%、25.98%、26.8%、26.99%,其中在 0.075 g/mL 质量浓度处理下,脐橙 SOD 活性显著高于 0.025、0.050 g/mL 处理 ($P < 0.05$),与 0.100、0.200 g/mL 处理间差异未达到显著水平 ($P > 0.05$)。这说明,加拿大一枝黄花部位乙醇提取物可显著提升采收后储藏过程中脐橙的 SOD 活性,从而延缓脐橙衰老,其中尤以质量浓度为 0.075 g/mL 处理最佳。

PAL 是植物体内苯丙烷代谢的关键酶,与植物的抗病性强弱密切相关^[20]。如图 3-b 所示,脐橙在储藏过程中,6 种处理的 PAL 活性均呈现先升高后降低的趋势,且 CK 的 PAL 活性始终保持最低。CK 及质量浓度为 0.025、0.050 g/mL 乙醇提取物处理的脐橙 PAL 活性在储藏 30 d 时达到最大值,而质量浓度为 0.075、0.100、0.200 g/mL 乙醇提取物处理的脐橙 PAL 活性在 45 d 时达到最大值,0.025、0.050、0.075、0.100、0.200 g/mL 质量浓度处理的脐橙 PAL 活性最大值分

别为 39.05、41.66、45.58、47.08、47.52 U/(g·h),较 CK 分别提升 10.25%、17.62%、28.68%、32.92%、34.16%,其中在 0.075 g/mL 质量浓度处理下,脐橙 PAL 活性显著高于 0.025、0.500 g/mL 处理 ($P < 0.05$),与 0.100、0.200 g/mL 处理间差异未达到显著水平 ($P > 0.05$)。这说明,加拿大一枝黄花部位乙醇提取物可以提升采收后储藏过程中脐橙的 PAL 活性,从而提升脐橙抗病性,其中尤以质量浓度为 0.075 g/mL 的处理最佳。

3 结论与讨论

加拿大一枝黄花体内含有大量的萜类、多酚类、黄酮类等活性物质,具有明显的抑菌效应。丁月等研究表明,加拿大一枝黄花叶部精油对灰霉菌具有显著的抑菌效果,对菌体具有一定的破坏能力^[10];李军红等研究表明,加拿大一枝黄花叶挥发油对金黄色葡萄球菌、番茄青枯病病菌、马铃薯环腐病病菌、白菜软腐病病菌、桃根腐病病菌均具有一定的抑制作用^[11]。本研究结果表明,加拿大一枝黄花不同部位乙醇提取物对意大利青霉、指状青霉和柑橘链格孢均具有不同程度的抑制作用,其中花部位抑制作用最强,最佳抑制浓度为 0.075 g/mL,综合抑菌率达到 85.97%。

腐败率、失质量率及商品品质是衡量果蔬储藏保鲜效果的重要指标^[17-18]。刘淑敏等研究表明,采用 0.1% 加拿大一枝黄花精油熏蒸处理 12 h 后,草莓果实腐烂率和失质量率较对照显著降低,硬度较对照显著升高,可溶性固形物和可滴定酸含量较对照无明显变化^[14]。本研究结果表明,0.075 g/mL 加拿大一枝黄花部位乙醇提取物处理可显著降低采收后脐橙的腐败率和失质量率,分别较对照降低 34.04、6.13 百分点;0.075 g/mL 加拿大一枝黄花部位乙醇提取物处理可显著

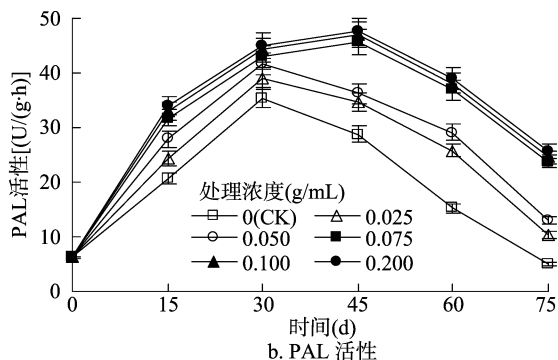
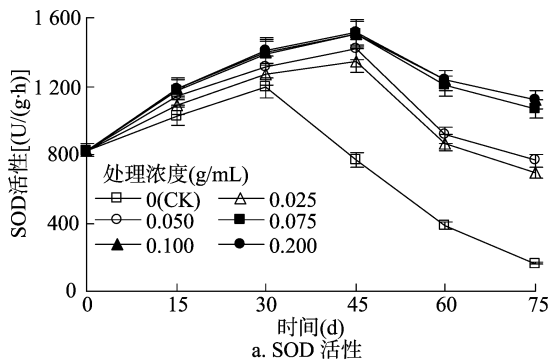


图3 加拿大一枝黄花乙醇提取物对脐橙保护酶活性的影响

提升采后脐橙商品品质,硬度、维生素 C 含量、可溶性固形物含量和可滴定酸含量分别较对照提升 22.81%、29.52%、1.35 百分点、0.17 百分点,其原因可能是 0.075 g/mL 加拿大一枝黄花花部位乙醇提取物可显著提升脐橙对致病菌的抑菌效率,腐败率显著降低,呼吸消耗显著降低,进而减缓了硬度、维生素 C 含量、可溶性固形物含量和可滴定酸含量的降低。

SOD 是植物体内清除过量 O_2^- 的保护酶,活性越高,表明清除活性氧能力越强,越有利于果蔬的储藏^[19]。本研究结果表明,加拿大一枝黄花花部位乙醇提取物可以提升采后储藏过程中脐橙的 SOD 活性,延缓脐橙衰老,提升储藏品质,其中以质量浓度为 0.075 g/mL 的处理最佳,SOD 活性较对照提升 25.98%。PAL 是植物体内苯丙烷代谢的关键酶,与植物的抗病性强弱密切相关^[20]。本研究结果表明,加拿大一枝黄花花部位乙醇提取物可以提升采后储藏过程中脐橙的 PAL 活性,提升脐橙抗病性,其中尤以质量浓度为 0.075 g/mL 的处理最佳,PAL 活性较对照提升 28.68%。

综上所述,0.075 g/mL 加拿大一枝黄花花部位乙醇提取物抑菌效果最强,可显著降低采后脐橙的腐败率和失质量率,显著提升脐橙的 SOD 和 PAL 活性,显著提升脐橙储藏品质。本研究结果可以为加拿大一枝黄花天然保鲜剂的开发和脐橙储藏保鲜提供一定的理论依据。

参考文献:

- [1] 张阿珊,曾 荣,陈金印,等. 丁香提取液对脐橙采后生理相关酶活性的影响[J]. 江西农业大学学报,2011,33(6):1067-1071.
- [2] 邓利珍,刘 可,冷飞凡,等. 川芎提取液对脐橙的防腐保鲜效果[J]. 农业工程学报,2016,32(7):296-302.
- [3] Boubaker H, Saadi B, Boudyach E H, et al. Sensitivity of *Penicillium digitatum* and *P. italicum* to imazalil and thiabendazole in Morocco [J]. Plant Pathology Journal, 2009, 8(4): 152-158.
- [4] Schena L, Strano M C, Sanzani S M, et al. Postharvest diseases of citrus fruits[J]. Protezione Delle Colture, 2011(4): 30-41.
- [5] 张福平,陈蔚辉,叶小萍,等. 阴香叶乙醇提取物涂膜液对番石榴

- 耐藏性的影响[J]. 中国南方果树, 2012, 43(5): 122-129.
- [6] 董 梅,陆建忠,张文驹,等. 加拿大一枝黄花一种正在迅速扩张的外来入侵植物[J]. 植物分类学报, 2017, 46(4): 60-63.
- [7] 黄 莹,陈 欢,李丽珍,等. 外来入侵植物加拿大一枝黄花的研究进展[J]. 杂草科学, 2007, 25(2): 6-9.
- [8] 张佳期,周守标,高香琴,等. 石首麋鹿国家级自然保护区外来入侵物种的分析[J]. 杂草学报, 2017, 35(1): 36-41.
- [9] 王贵春,侯应霞,吴 山. 外来入侵植物加拿大一枝黄花的利用研究进展[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(36): 22378-22379.
- [10] 丁 月,叶仁凤,欧昌荣,等. 加拿大一枝黄花精油的提取及对灰霉菌抑制作用的研究[J]. 食品工业科技, 2015, 36(6): 153-155, 165.
- [11] 李军红,田胜尼,魏兆军,等. 加拿大一枝黄花的抑菌性研究[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(34): 1095-1097.
- [12] 张基胜,俞惠明,毕洪波,等. 有害植物一枝黄花的杀虫活性研究[J]. 现代农药, 2008, 7(6): 47-49.
- [13] 汤 晓,朱建华. 出苗期加拿大一枝黄花抗亚油酸过氧化作用研究[J]. 江苏农业科学, 2012, 40(5): 284-287.
- [14] 刘淑敏,邵兴锋,魏彦珍,等. 加拿大一枝黄花精油熏蒸处理对采后草莓品质和生理的影响[J]. 核农学报, 2016, 30(10): 1967-1975.
- [15] 刘佑席. 加拿大一枝黄花抑螺活性及其挥发油的 GC-MS 分析研究[D]. 南昌:江西师范大学, 2016: 22.
- [16] 任艳芳,刘 畅,何俊瑜,等. 基于中药乙醇提取物的柑橘采后保鲜与抑菌技术[J]. 农业机械学报, 2012, 43(5): 122-129.
- [17] 肖新生,胡绍文,周 洁. 油茶饼提取物对圣女果保鲜作用的研究[J]. 食品工业科技, 2011, 32(11): 141-143.
- [18] 周先艳,龚 琪,李菊湘,等. 柑橘采后生理及病害研究进展[J]. 保鲜与加工, 2016, 16(1): 91-96.
- [19] 陈玉环,彭 旋,陈楚英,等. 三颗针提取液复合涂膜对“纽荷尔”脐橙贮藏保鲜的影响[J]. 江西农业大学学报, 2016, 38(3): 469-475.
- [20] 杨书珍,彭丽桃,潘思铁,等. 蜂胶提取物处理对柑橘诱导抗病性的影响[J]. 食品科学, 2010, 31(8): 275-279.