

彭 旋,陈楚英,陈金印,等. 白薇提取物的抗氧化和抑菌活性[J]. 江苏农业科学,2017,45(4):140-144.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.04.044

白薇提取物的抗氧化和抑菌活性

彭 旋,陈楚英,陈金印,万春鹏

(江西农业大学江西省果蔬采后处理关键技术与质量安全协同创新中心/江西省果蔬保鲜与无损检测重点实验室,江西南昌 330045)

摘要:分别用石油醚、三氯甲烷、乙酸乙酯、丙酮、乙醇和蒸馏水提取白薇粉末,采用 1,1-二苯基-2-三硝基苯肼(DPPH)自由基法、铁离子还原能力(FRAP)测定法研究其抗氧化活性;通过杯碟法测定不同溶剂提取物对意大利青霉的抑菌效果;用生长速率法研究白薇乙醇提取物对其他 15 种植物病原菌的抑菌活性。抗氧化试验表明:白薇粉末蒸馏水、丙酮、乙醇提取物的抗氧化活性较好,其清除 DPPH 自由基的 IC_{50} 分别为 15.66、25.37、28.27 mg/mL,其总酚含量分别为 70.19、63.20、53.84 mg/g,可见抗氧化活性与总酚含量密切相关。抑菌活性试验表明:白薇粉末乙酸乙酯、丙酮、乙醇提取物对意大利青霉有抑菌活性,且乙醇提取物抑菌圈直径最大,为 31.50 mm;乙醇提取物对其他 15 种植物病原菌均有一定的抑菌活性,其中对枣拟茎点霉、辣椒疫霉菌、西瓜尖镰孢菌活性最强, EC_{50} 分别为 0.194、1.019、4.185 mg/mL。研究结果表明,白薇乙醇提取物具有较好的抗氧化活性和较强的抑菌活性,可用于植物源保鲜剂的开发。

关键词:白薇;抗氧化;总酚;总黄酮;抑菌活性

中图分类号:R285;TS255.3 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2017)04-0140-04

白薇(*Cynanchum atratum*)为萝藦科(Asclepiadaceae)鹅绒藤属(*Cynanchum*)植物直立白薇(*Cynanchum atratum* Bunge)或蔓生白薇(*Cynanchum versicolor* Bunge)的干燥根及根茎,在全国大部分地区均有分布,主要生长于山地。据《中药大辞典》记载,白薇根及根茎部分可供药用,有“清热散肿、利尿通淋、解毒疗疮”的功效。目前,国内外对白薇的研究主要集中在化学成分分离鉴定与药理作用。化学成分研究表明,白薇主要含有 C_{21} 甾体皂苷、白薇素、挥发油、强心甘,而且发现白薇皂苷具有抗菌消炎作用^[1]。

柑橘是我国南方的主要水果品种之一,在采后贮藏过程中易受青绿霉菌侵染,导致果实腐烂,随后大量病果被到处丢弃,造成巨大的经济损失、环境污染。另外,受空气中的氧和果实中酶的作用,果实油脂中的不饱和脂肪酸会氧化分解为醛、酮和低级脂肪酸,降低果实的品质^[2]。为了降低采后柑橘果实烂果率,目前生产上主要使用咪鲜胺、噻菌灵等化学杀菌剂,而使用化学杀菌剂易造成果实药剂残留,危害人体健康。面对这种情况,开发具有较强抗氧化性和能抑制柑橘等植物采后主要病害病原菌双重功能的保鲜剂是比较理想的办法。笔者所在课题组前期筛选发现,白薇对柑橘青霉菌具有较强的抑制作用。因此,本研究以石油醚、三氯甲烷、乙酸乙酯、丙酮、乙醇、水为提取溶剂,采用超声波辅助方法提取白

薇,比较白薇不同溶剂提取物体外抗氧化性和对柑橘采后主要病原菌意大利青霉(*Penicillium italicum*)的抑菌活性;进一步研究白薇乙醇提取物对其他 15 种植物病原菌的抑菌活性,以期为植物源果蔬保鲜剂相关研究提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

白薇,购自江西省樟树市华丰药业有限公司,粉碎,过 40 目筛,常温保存备用。柑橘青霉病菌:柑橘意大利青霉(*P. italicum*);枣褐斑病病菌:枣拟茎点霉菌(*Phomopsis mauritiana*);柑橘黑腐病病菌:柑橘链格孢菌(*Alternaria citri*);柑橘蒂腐病病菌:柑橘囊孢壳菌(*Phytophthora capsici*);茛苕菌核病菌:茛苕菌核核盘菌(*Sclerotinia sclerotiorum*);辣椒疫病病菌:辣椒疫霉(*Phytophthora capsici*);柑橘酸腐病病菌:柑橘白地霉(*Geotrichum citri-aurantii*);茄褐纹病病菌:茄褐纹拟茎点霉(*Phomopsis vexans*);柑橘灰霉病病菌:柑橘灰霉菌(*Botrytis cinerea*);芦笋茎枯病病菌:芦笋天门冬拟茎点霉(*Phomopsis asparagi*);西瓜枯萎病病菌:西瓜尖镰孢菌(*Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum*);柑橘绿霉病病菌:柑橘指状青霉(*Penicillium digitatum*);猕猴桃软腐病三大致病菌:葡萄座腔菌(*Botryosphaeria parva*)、猕猴桃拟盘多毛孢菌(*Pestalotiopsis fici*)、猕猴桃拟茎点霉(*Phomopsis* sp.)。以上菌株均由江西农业大学农学院植物病理实验室提供;PDA 培养基,笔者所在实验室自制。

1.2 仪器与试剂

HH-6 恒温数显水浴锅(常州国华电器有限公司);5804R 冷冻离心机(德国 Eppendorf);R-3 旋转蒸发器(瑞士 BUCHI);KQ-500B 超声波清洗机(昆山超声仪器有限公司);YXQ-LS-70A 立式压力蒸汽灭菌器(上海博迅实业有限公司);MIR-254 恒温培养箱(日本三洋电机公司);LX-

收稿日期:2016-01-28

基金项目:国家科技支撑计划(编号:2012BAD38B03-2);江西省教育厅科技落地计划;江西省“赣鄱英才 555 工程”。

作者简介:彭 旋(1991—),男,江西新余人,硕士研究生,研究方向为果蔬植物源保鲜剂的研究与开发。E-mail: pengx1104@163.com。

通信作者:万春鹏,博士,助理研究员,研究方向为天然产物化学。

Tel: (0791) 83813185; E-mail: lemonwan@126.com。

300 冷却水循环机(北京长流科学仪器公司);HS-1300U 超净工作台(苏静集团苏州安泰空气技术有限公司);UV-2450 紫外-可见分光光度计(日本岛津公司);AUY220 电子分析天平(日本岛津公司);FW100 高速万能粉碎机(天津市泰斯特仪器有限公司)。

福林酚(Folin-Ciocalteu)试剂、1,1-二苯基-2-三硝基苯肼(DPPH),购自 Sigma 公司(美国);没食子酸、芸香苷标准品,购自中国生物制品研究所(北京);其他试剂为市售试剂,所有试剂均为分析纯产品。

1.3 白薇提取物样品的制备

称取 30 g 备用药粉,共 6 份,分别加入 1 L 不同溶剂(石油醚、三氯甲烷、乙酸乙酯、丙酮、乙醇、蒸馏水),超声波辅助提取 2 h(40 kHz,25 ℃),抽滤,滤渣加 1 L 相同溶剂重复提取 1 次。将 2 次滤液合并,于 40 ℃ 旋转蒸发浓缩,最后真空冷冻干燥,称质量,加适当体积的溶剂配成 100 mg/mL 提取物储备液,4 ℃ 保存备用。

1.4 测定方法

1.4.1 总酚含量的测定^[3] 精确称取 0.5 g 没食子酸,用乙醇溶解定容至 100 mL,分别移取 0.1、2、3、5、10 mL 到 100 mL 容量瓶内,定容。从上述不同浓度的标准溶液中分别移取 0.1 mL 到 10 mL 容量瓶中,分别加入 6 mL 水,混合后加入 0.5 mL Folin-Ciocalteu 试剂,混合;3 min 后,加入 1.5 mL 20% Na₂CO₃ 溶液,用蒸馏水定容至 10 mL。将上述标准溶液于 20 ℃ 放置 2 h 后,在 765 nm 波长处测定吸光度 $D_{765\text{ nm}}$,以 $D_{765\text{ nm}}$ 为横坐标、没食子酸浓度为纵坐标,绘制标准曲线,求线性回归方程。吸取 0.1 mL 适宜浓度的提取物(使 $D_{765\text{ nm}}$ 落在标准曲线的范围内),按上述方法进行显色反应,按照回归方程计算提取物的总酚含量。

1.4.2 总黄酮含量的测定^[4] 精确称取 10.0 mg 芸香苷标准品(120 ℃ 烘干至恒质量),用甲醇定容至 50 mL,配成 0.2 mg/mL 芸香苷标准溶液。吸取芸香苷标准品溶液 0.0、0.2、0.4、0.6、0.8、1.0、1.2 mL,置于 10 mL 容量瓶内,加入 2 mL 0.1 mol/L AlCl₃ 溶液、1 mL pH 值为 5.2 的 NaAc-HAc 缓冲溶液,用甲醇定容,40 ℃ 水浴显色 10 min,在 421 nm 处测定吸光度 $D_{421\text{ nm}}$,以 $D_{421\text{ nm}}$ 为横坐标、芸香苷浓度为纵坐标,绘制标准曲线,求线性回归方程。吸取 1 mL 适宜浓度的提取物(使 $D_{421\text{ nm}}$ 落在标准曲线的范围内),按上述芸香苷标准品显色方法进行显色反应,按照回归方程计算提取物的总黄酮含量。

1.4.3 DPPH·抗氧化活性测定 参考刘海英等的方法^[5]测定白薇不同提取物清除 DPPH·自由基能力。在 3.0 mL 0.06 mmol/L DPPH·乙醇溶液中加入 10 L 不同浓度(1、3、5、7、9 mg/mL)样品提取物,混合后避光反应 30 min,测定 517 nm 处吸光度 $D_{517\text{ nm}(1)}$ 。按照下列公式计算各样品对 DPPH·自由基的清除率:

$$\text{DPPH} \cdot \text{清除率} = \{D_{517\text{ nm}(0)} - [D_{517\text{ nm}(1)} - D_{517\text{ nm}(s)}]\} / D_{517\text{ nm}(0)} \times 100\%$$

式中: $D_{517\text{ nm}(0)}$ 为对照吸光度(仅含 DPPH·乙醇溶液); $D_{517\text{ nm}(s)}$ 为空白对照(蒸馏水)的吸光度(样品与无水乙醇用以消除样品本身颜色的影响)。

1.4.4 铁离子还原能力(FRAP)测定 参考姜洪芳等的方

法^[6]测定白薇不同提取物还原力。吸取 0.5 mL 不同浓度(1、3、5、7、9 mg/mL)提取物于试管中,依次加入 0.5 mL 0.05 mol/L 磷酸缓冲液(pH 值 6.6)、0.5 mL 1% 铁氰化钾溶液,于 50 ℃ 水浴保温 20 min,快速冷却,再加入 0.5 mL 10% 三氯乙酸,于 3 000 r/min 离心 10 min,取 1 mL 上清液,再依次加 0.8 mL 蒸馏水、0.2 mL 0.1% 三氯化铁溶液,充分混匀,静置 10 min 后,于 700 nm 处测吸光度 $D_{700\text{ nm}}$,用蒸馏水作参比。

1.4.5 杯碟法抑菌活性测定 用杯碟法测定白薇提取物对柑橘青霉菌抑菌活性^[7],用无菌水将活化好的意大利青霉菌洗入三角瓶中,过滤,将滤液充分摇匀制成孢子悬浮液,用血球计数板计数,使菌液孢子浓度为 1 亿 CFU/mL。在无菌条件下,吸取 1 mL 意大利青霉菌悬液于融化的 PDA 培养基中,使菌液浓度在 100 万 CFU/mL,摇匀后倒入平板。等培养基凝固后,吸取 200 μL 浓度为 100 mg/mL 的提取物于牛津杯中,进行抑菌活性的测定,重复 3 次。将平板放置于 28 ℃ 恒温培养箱中培养 2 d,采用十字交叉法测量抑菌圈直径。

1.4.6 生长速率法抑菌活性测定 测定白薇乙醇提取物对 15 种植物病原菌的抑菌活性^[8],在无菌环境下,采用二倍稀释法,用移液器吸取不同体积的白薇乙醇提取物加入到未凝固的 PDA 培养基中,制成含药培养基,其终浓度均为 3.125 ~ 100.000 mg/mL,空白对照为纯 PDA 培养基(不加药剂)。葡萄座腔菌、枣拟茎点霉、茼蒿菌核核盘菌、辣椒疫霉、猕猴桃拟盘多毛孢菌和西瓜尖镰孢菌用孔径 4 mm 的打孔器打取已活化的菌块边缘,其余菌种用孔径 6 mm 的打孔器打取活化好的菌块边缘。用接种针将菌块转接到不同浓度含药培养基及对照培养基中,每个浓度平行处理 3 次,将接种好的培养物放置在 28 ℃ 恒温培养箱中培养 4 ~ 7 d,随后用十字交叉法测量各培养皿菌落直径,计算平均值,记录各菌落生长情况。根据以下公式求出白薇乙醇提取物对各菌种的抑制率:

$$\text{抑制率} = (\text{对照菌落直径} - \text{处理菌落直径}) / (\text{对照菌落直径} - \text{菌饼直径}) \times 100\%$$

以抑制率为因变量(y)、白薇乙醇提取物浓度的对数值为自变量(x),建立白薇乙醇提取物对 15 种植物病原菌的毒力回归方程: $y = a + b \ln(x)$,求得方程的相关系数 r 、药剂 EC₅₀ 及其 95% 置信区间。

1.5 数据分析

采用 Excel 2003 进行数据处理与作图,用 SPSS 17.0 进行 Duncan's 多重比较数据统计分析。

2 结果与分析

2.1 白薇提取物总酚和总黄酮含量

根据总酚含量线性回归方程 $y = 9.2118x + 0.0612$ ($r^2 = 0.9994$)、总黄酮含量线性回归方程 $y = 43.052x - 0.5151$ ($r^2 = 0.9988$),计算白薇不同溶剂提取物中的总酚、总黄酮含量。从表 1 可以看出,白薇不同溶剂提取物的总酚、总黄酮含量存在显著差异,其中总酚含量从高到低的提取溶剂依次是蒸馏水、丙酮、乙醇、乙酸乙酯、三氯甲烷和石油醚提取物,分别为 70.19、63.20、53.84、30.16、22.98、12.95 mg/g;三氯甲烷提取物的总黄酮含量最高,为 51.14 mg/g,其次是乙酸乙酯、丙酮、乙醇和石油醚提取物,总黄酮含量在 26.34 ~

33.20 mg/g 之间,蒸馏水提取物的总黄酮含量最低,为 2.47 mg/g。

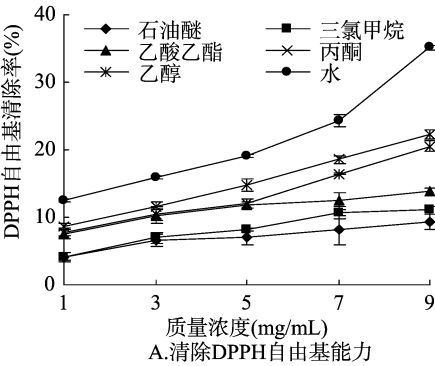
表 1 白薇不同溶剂提取物的总酚、总黄酮含量(n=3)

提取溶剂	总酚含量 (mg/g)	总黄酮含量 (mg/g)	抑菌圈直径 (mm)
石油醚	12.95 ± 0.53f	26.34 ± 2.89c	0c
三氯甲烷	22.98 ± 0.72e	51.14 ± 3.95a	0c
乙酸乙酯	30.16 ± 0.56d	33.20 ± 1.23b	25.50 ± 0.37b
丙酮	63.20 ± 3.28b	30.85 ± 3.05b	29.00 ± 0.74a
乙醇	53.84 ± 1.17c	26.56 ± 1.33c	31.50 ± 1.03a
蒸馏水	70.19 ± 3.41a	2.47 ± 0.15d	0c

注:总酚含量用单位质量(g)提取物浸膏中没食子酸的质量(mg)表示;总黄酮含量用单位质量(g)提取物浸膏中芸香苷的质量(mg)表示。同列数据后不同小写字母表示差异显著(P<0.05);表 3 同。

2.2 白薇提取物的抗氧化活性

DPPH 自由基是一类含有 3 个苯环的稳定紫色自由基,在 517 nm 处有强吸收,在 DPPH 醇溶液中加入抗氧化剂,会清除自由基,从而使紫色溶液变淡,且抗氧化剂的抗氧化能力越强,溶液越淡。因此,常用 DPPH 自由基清除法来测定抗氧化剂的抗氧化能力^[9]。通常用 IC₅₀ 表示抗氧化剂对 DPPH 自由基的清除能力,IC₅₀ 为 DPPH 自由基清除率为 50% 时的抗氧化剂浓度,IC₅₀ 越低,抗氧化能力越强。从图 1 - A 可以看



出,各提取物清除 DPPH 自由基的能力随着其浓度的增加而增强,呈正相关。测定样品不同浓度对 DPPH 自由基的清除率,通过回归分析得出各自的 IC₅₀,从表 2 可以看出,各提取物都有一定的抗氧化能力,其中白薇水提取物抗氧化能力最强,其次为丙酮、乙醇提取物,乙酸乙酯、三氯甲烷、石油醚提取物抗氧化能力较弱,可见抗氧化活性与总酚含量呈正相关。

表 2 白薇不同溶剂提取物的抗氧化活性(n=3)

提取溶剂	清除 DPPH 自由基的抗氧化 IC ₅₀ (mg/mL)
石油醚	77.03
三氯甲烷	56.02
乙酸乙酯	54.63
丙酮	25.37
乙醇	28.27
蒸馏水	15.66

当样品具有还原性时,会提供电子将 Fe³⁺/铁氰化物还原成 Fe²⁺/铁氰化物,Fe²⁺ 在 700 nm 处通过普鲁士蓝有特征光吸收,吸光度越大,表明其还原能力越强。图 1 - B 表明,白薇提取物都具有较强还原力,且随着浓度升高,还原力越强,但在不同提取物之间,还原力的差异较大;在试验浓度范围内,白薇丙酮、乙醇和水提取物的还原能力明显强于三氯甲烷、石油醚提取物;乙酸乙酯提取物的还原能力强于三氯甲烷、石油醚提取物。

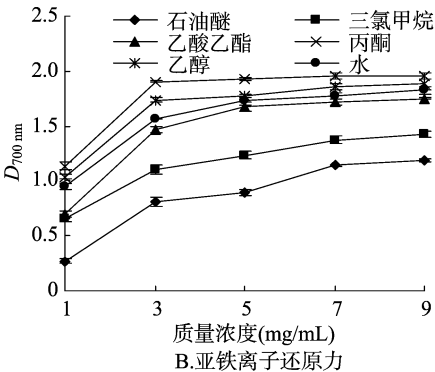


图 1 白薇不同溶剂提取物清除 DPPH 自由基能力和亚铁离子还原力

2.3 抗氧化能力与总酚、总黄酮含量相关性分析

比较分析白薇提取物抗氧化能力(IC₅₀)与其总酚含量之间的关系,发现抗氧化能力越强的提取物,其总酚含量也越高(表 1、表 2)。对白薇提取物 IC₅₀ 和总酚含量进行相关性分析,从图 2 - A 可知,白薇提取物的总酚含量与 IC₅₀ 的线性回

归方程为 y = 0.976 3x + 84.048 (r² = 0.950 5),两者呈显著负相关,表明总酚含量越高,IC₅₀ 越小,抗氧化能力越强,提示总酚可能是白薇提取物抗氧化能力的关键物质。另外,通过图 2 - B 对总黄酮含量与 IC₅₀ 的相关性分析可知,两者无显著的相关性(r² = 0.290 3)。

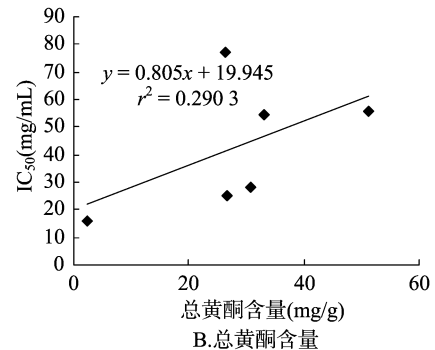
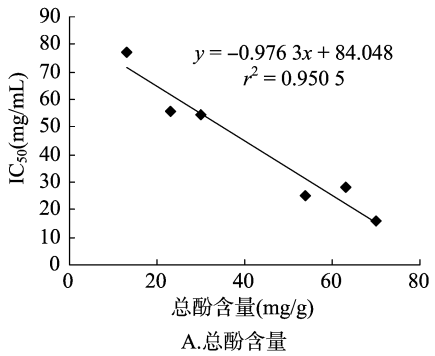


图 2 白薇提取物抗氧化能力与总酚、总黄酮含量的相关性

2.4 抑菌活性

从表 3 可见, 抑菌圈直径最大的是乙醇提取物, 为 31.50 mm; 丙酮提取物次之, 抑菌圈直径为 29.00 mm, 抑菌活性与乙醇提取物没有显著差异; 乙酸乙酯提取物也有一定的抑菌活性, 但显著低于乙醇、丙酮提取物; 三氯甲烷、水、石油醚提取物没有抑菌效果。

表 3 白薇不同溶剂提取物的抑菌活性 (n = 3)

提取溶剂	抑菌圈直径 (mm)
石油醚	0c
三氯甲烷	0c
乙酸乙酯	25.50 ± 0.37b
丙酮	29.00 ± 0.74a
乙醇	31.50 ± 1.03a
蒸馏水	0c

表 4 白薇乙醇提取物对 15 种植物病原菌的抑菌效果

植物病原菌名称	毒力回归方程	相关系数 <i>r</i>	EC ₅₀ (mg/mL)	EC ₅₀ 的 95% 置信区间 (mg/mL)
葡萄座腔菌	$y = -0.381 + 0.265\ln x$	0.984	27.629	12.651 ~ 60.339
枣拟茎点霉	$y = 0.641 + 0.083\ln x$	0.993	0.194	0.064 ~ 0.583
柑橘链格孢菌	$y = 0.067 + 0.203\ln x$	0.996	8.519	5.518 ~ 13.153
柑橘囊孢壳菌	$y = -0.290 + 0.284\ln x$	0.979	16.420	6.577 ~ 40.994
茛苣菌核核盘菌	$y = -0.430 + 0.282\ln x$	0.946	26.770	6.393 ~ 112.094
辣椒疫霉	$y = 0.499 + 0.110\ln x$	0.999	1.019	0.696 ~ 1.490
柑橘白地霉	$y = 0.119 + 0.138\ln x$	0.989	16.060	8.313 ~ 31.026
猕猴桃拟茎点霉	$y = -0.280 + 0.159\ln x$	0.967	120.940	31.218 ~ 468.525
茄褐纹拟茎点霉	$y = -0.075 + 0.151\ln x$	0.998	45.313	34.531 ~ 59.461
柑橘灰霉菌	$y = -0.008 + 0.191\ln x$	0.998	14.444	11.213 ~ 18.607
猕猴桃拟盘多毛孢菌	$y = -0.298 + 0.269\ln x$	0.987	19.560	9.550 ~ 40.063
芦笋天门冬拟茎点霉	$y = -0.104 + 0.254\ln x$	0.994	10.802	6.608 ~ 17.660
西瓜尖镰孢菌	$y = 0.282 + 0.180\ln x$	0.936	4.185	0.632 ~ 27.704
柑橘指状青霉	$y = -0.209 + 0.303\ln x$	0.995	10.437	6.598 ~ 16.510
柑橘意大利青霉	$y = 0.117 + 0.223\ln x$	0.989	5.678	2.873 ~ 11.224

3 讨论与结论

多酚类、黄酮类成分对植物的抗氧化和抗菌有重要的作用。有研究发现, 山柰酚、槲皮素和其他黄酮醇等种类的黄酮有抗菌、止痒和抗过敏作用^[10]。本试验发现, 白薇乙醇提取物具有较强抗氧化活性, 并对一些植物病原菌具有较好的抑制效果。Katalinic 等研究发现, 样品清除 DPPH 自由基能力与其多酚类物质含量有很大关系^[11]。本试验也证明, 总酚含量越高的样品, 其清除 DPPH 自由基能力越强, 说明可以将总酚含量作为初步筛选抗氧化样品的判断依据。一种物质的还原能力在一定程度上可以反映其潜在的抗氧化能力。Yen 等研究发现, 一些植物提取物的抗氧化能力和还原能力是相关的^[12]。本试验结果表明, 具有较强清除 DPPH 自由基能力的水、丙酮以及乙醇提取物, 还原铁离子能力也较强。

白薇提取物对柑橘意大利青霉抑菌活性表明, 白薇不同溶剂提取物对意大利青霉具有不同的抑制作用, 其中以白薇乙醇提取物的抑菌直径最大。白薇乙醇提取物对 15 种植物病原菌室内毒力测定结果表明, 白薇乙醇提取物对它们均有

选用对柑橘意大利青霉抑菌直径最大的乙醇提取物, 测定该提取物对其他 15 种植物病原菌的室内毒力。EC₅₀ 是药剂对病原菌抑制作用强弱的直观反映, 药剂对病原菌 EC₅₀ 越小, 表明药剂对其抑制能力越强。毒力回归方程的斜率 (*b*) 越大, 说明随着药剂浓度升高, 其抑制能力增加得越快, 病原菌对药剂浓度越敏感。从表 4 可见, 白薇乙醇提取物对 15 种植物病原菌均表现出一定的抑制效果, 其中乙醇提取物对枣拟茎点霉的毒力最强, EC₅₀ 为 0.194 mg/mL, 对猕猴桃拟茎点霉的 EC₅₀ 为 120.940 mg/mL, 抑制效果最弱; 对其他菌种 EC₅₀ 由小到大排序为辣椒疫霉、西瓜尖镰孢菌、柑橘意大利青霉、柑橘链格孢菌、柑橘指状青霉、芦笋天门冬拟茎点霉、柑橘灰霉菌、柑橘白地霉、柑橘囊孢壳菌、猕猴桃拟盘多毛孢菌、茛苣菌核核盘菌、葡萄座腔菌和茄褐纹拟茎点霉, EC₅₀ 在 1.019 ~ 45.313 mg/mL 范围内。根据毒力回归方程的斜率 (*b*) 可知, 柑橘指状青霉对白薇乙醇提取物最敏感, *b* = 0.303。

一定抑菌活性, 说明白薇乙醇提取物中含有多种病原菌的抑菌活性成分, 具有较广的抑菌谱, 特别是白薇乙醇提取物对 6 种柑橘采后病菌均有较好的抑菌效果, 这为用白薇开发成柑橘防腐保鲜剂提供了理论依据, 有望将其开发成天然抗氧化剂和柑橘防腐保鲜剂, 从而为白薇的综合利用提供了理论依据, 同时也为得到天然、安全的抗氧化剂及抑菌单体提供了一种新的植物来源。白薇抗氧化与抑菌活性的开发利用具有良好的发展前景, 其活性成分的分离鉴定与抗氧化及抑菌活性的构效关系还有待进一步研究。

参考文献:

[1] 袁 鹰, 张卫东, 柳润辉, 等. 白薇的化学成分和药理研究进展 [J]. 药学实践杂志, 2007, 25(1): 6-9.
[2] 张燕平, 王维华. 以紫苏为原料的天然抗氧化剂的研制 [J]. 食品工业, 2000(3): 26-28.
[3] Meda A, Lamien C E, Romito M, et al. Determination of the total phenolic, flavonoid and proline contents in Burkina Fasan honey, as well as their radical scavenging activity [J]. Food Chemistry, 2005, 91(3): 571-577.