

# 三种绿原酸提取物的抑菌和抗氧化效果比较

胡居吾\*, 韩晓丹, 付建平, 王慧宾, 李雄辉

江西省科学院应用化学研究所, 南昌 330096

**摘要:** 本文研究平卧菊三七、金银花、杜仲叶绿原酸提取物的抑菌和抗氧化作用, 为选择合适的天然食品防腐剂 and 抗氧化剂提供参考。采用纸片扩散法, 探讨平卧菊三七、金银花、杜仲叶绿原酸提取物分别对几种常见致病菌的抑菌活性。在抗氧化作用方面, 探讨平卧菊三七、金银花、杜仲叶绿原酸提取物分别在抗脂质过氧化能力、还原能力和清除 DPPH· 方面进行了研究。结果表明, 三种植物绿原酸提取物对细菌均有很强的抑制作用, 特别是对金黄色葡萄球菌的抑制作用, 在浓度为 100 mg/mL 时, 平卧菊三七绿原酸提取物、金银花绿原酸提取物、杜仲叶绿原酸提取物的抑菌圈分别可达 21.4、23.6、24.7 mm。同时, 对大肠杆菌和沙门氏菌液也有明显的抑制作用, 但是对酵母菌的抑菌作用不明显; 且各供试物的抑菌强弱顺序为: 杜仲叶绿原酸提取物 > 金银花绿原酸提取物 > 平卧菊三七绿原酸提取物。三种植物中绿原酸提取物中, 杜仲叶绿原酸提取物的抗脂质过氧化能力、还原能力和清除 DPPH· 能力均高于其他两种绿原酸提取物。本文揭示了在平卧菊三七、金银花、杜仲叶这三种绿原酸提取物中, 杜仲叶绿原酸提取物有较强的抑菌活性和抗氧化作用。

**关键词:** 绿原酸提取物; 抑菌效果; 抗氧化作用

中图分类号: S38

文献标识码: A

DOI: 10.16333/j.1001-6880.2017.11.019

## Antimicrobial and Antioxidant Effects of 3 Chlorogenic Acid Extracts

HU Ju-wu\*, HAN Xiao-dan, FU Jian-ping, WANG Hui-bin, LI Xiong-hui

Institute of Applied Chemistry, Jiangxi Academy of Sciences, Nanchang 330029, China

**Abstract:** The aim of this study was to study antimicrobial and antioxidant effects of chlorogenic acid extracts from *Gynuraprocbumbens*, *Lonicera japonica* Thunb. and *Eucommiaulmoides* leaves, and to provide a reference for its usage as a natural food preservative and antioxidant. The antibacterial effects were studied using disc diffusion method against several common pathogens. The antioxidant effect of chlorogenic acid extracts from *G. procumbens*, *L. japonica* and *E. ulmoides* leaves, including anti-lipid peroxidation, reducing capacity, DPPH scavenging ability were studied respectively. The inhibition of chlorogenic acid extracts on bacteria were very strong, especially on *Staphylococcus aureus*, at the concentration of 100 mg/mL, the bacteriostatic ring were up to 21.4 mm, 23.6 mm, 24.7 mm, respectively for chlorogenic acid extracts from the three species. At the same time, it had obvious inhibitory effects on *E. coli* and *S. bacteria*, but the inhibitory effect on the yeast was not obvious. The strength and the sequence of antibacterial compounds were: *L. japonica* chlorogenic acid extract, *E. ulmoides* chlorogenic acid extract, *G. procumbens* chlorogenic acid extract. The anti-lipid peroxidation ability, reducing power and DPPH scavenging ability of *L. japonica* chlorogenic acid extract were higher than those of the other two extracts. *L. japonica* chlorogenic acid extract had a stronger antibacterial activity and antioxidant effect among three chlorogenic acid extracts.

**Key words:** chlorogenic acid extracts; antibacterial effect; antioxidant effect

在食品工业中, 为了确保食品的品质, 延长其保质期, 常将食品防腐剂和抗氧化剂用于其中, 但是, 这些物质的用量和其使用范围需严格控制在 GB2760 内, 同时, 一些人工合成的防腐剂和抗氧化

剂在一定程度上有潜在的毒性, 因此, 天然的、高效的、无毒的防腐剂和抗氧化剂越来越受到人们的欢迎。

据大量的文献报道, 绿原酸具有抗菌<sup>[1-4]</sup>、抗氧化作用<sup>[5-7]</sup>等功效。很多中植物中含有绿原酸, 如平卧菊三七、金银花、杜仲叶中都含有绿原酸, 经课题组检测这三种原料中的数据表明, 平卧菊三七中绿原酸含量为 30.5 g/kg; 金银花中绿原酸含量为

收稿日期: 2017-06-23 接受日期: 2017-08-02

基金项目: 江西省重点科技支撑项目(20171ACF60009); 江西省科学院重点项目(2016034)

\* 通信作者 E-mail: hju\_wu@126.com

40.3 g/kg;杜仲叶中绿原酸含量为39.2 g/kg。

目前的研究中,对这三种植物中绿原酸提取物的单独抗菌<sup>[8-10]</sup>或抗氧化作用<sup>[11-12]</sup>的研究报道较多,但是,对平卧菊三七、金银花、杜仲叶绿原酸提取物抗菌和抗氧化作用的强弱的对比研究尚未见报道。

本研究的目的在于比较平卧菊三七、金银花、杜仲叶绿原酸提取物抗菌和抗氧化作用的效果的强弱。以抑菌圈直径为活性追踪指标,以大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、沙门氏菌、酵母菌等细菌和酿酒酵母等真菌为供试菌对平卧菊三七、金银花、杜仲叶绿原酸提取物进行抑菌活性研究。同时,本试验系统地分别从抗脂质氧化、还原力、DPPH三方面对平卧菊三七、金银花、杜仲叶绿原酸提取物抗氧化效果进行了研究。

## 1 材料与仪器

### 1.1 材料与试剂

样品:平卧菊三七叶(采自江西华紫仁农业开发有限公司)、金银花(采自抚州苍源药业有限公司)、杜仲叶(采自萍乡市芦溪县杜仲开发合作社),烘干粉碎,用于制备绿原酸粗提物。

绿原酸提取物的提取:分别取平卧菊三七叶、金银花、杜仲叶干粉末,用70%的乙醇按料液比1:12(g/mL)浸泡,在50℃恒温下超声提取2次,每次50 min,合并2次滤液,减压浓缩蒸除乙醇得到提取液。分别将提取液用乙酸乙酯萃取,连续萃取3次,合并萃取液,分别减压浓缩回收乙酸乙酯,再进行冷冻干燥后,得绿原酸提取物。采用HPLC法检测这三种提取物中绿原酸含量,平卧菊三七提取物中绿原酸的含量为35.5%,金银花提取物中绿原酸的含量为39.7%,杜仲叶提取物中绿原酸的含量为42.5%。采用添加 $\beta$ -环糊精,使得这三种粗提物中绿原酸含量控制在35.5%。以芦丁为标准品,经分光光度法检测,杜仲叶绿原酸粗提物中总黄酮含量为20.1%,金银花绿原酸粗提物中总黄酮含量为9.6%,平卧菊三七叶总黄酮含量为4.6%。

菌种:大肠杆菌(*Escherichia coli*)、金黄色葡萄球菌(*Staphylococcus aureus*)、沙门氏菌(*Salmonella*)、酿酒酵母(*Saccharomyces cerevisiae*)。均由宜春职业技术学院微生物检验实验室提供。

### 1.2 仪器与设备

SYQ-DSX-280B型手提式不锈钢压力蒸汽灭菌

器,上海申安医疗器械厂;GNP9160隔水式恒温培养箱、DK-S22电热恒温水浴锅,上海精宏实验设备有限公司;SW-CJ-ICU双人单面垂直洁净工作台,苏州净化设备有限公司;AL204电子天平,梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司。

## 2 实验方法

### 2.1 抑菌实验方法

#### 2.1.1 培养基的配置

细菌用培养基:牛肉膏蛋白胨琼脂培养基:牛肉膏5 g,蛋白胨10 g,氯化钠5 g,琼脂20 g,pH调制7.2,蒸馏水1000 mL。酵母菌用培养基:豆芽培养基:黄豆芽100 g,葡萄糖50 g,琼脂20 g,蒸馏水1000 mL。

#### 2.1.2 菌悬液的制备

菌种活化之后用接种环挑取一环菌体或孢子放入50 mL无菌水里,加入玻璃珠,充分振摇2 min,制成含菌量约为 $10^9 \sim 10^{10}$  cfu/mL的菌悬液或孢子悬浮液备用。

#### 2.1.3 供液试液的配置

将三种绿原酸粗提物各取0.50 g,分别用5 mL丙酮溶解得100 mg/mL的药液,再以丙酮为溶剂对上述溶液分别进行对倍稀释,每种萃取物得到100、50、25 mg/mL三个浓度梯度的供试药液并用丙酮作为空白对照。

#### 2.1.4 平板培养基的制备

将配制好的培养基高压蒸汽灭菌冷却至50~60℃,采用无菌操作倒入灭菌培养皿内,每培养皿装15~20 mL即可。之后低温保存备用。

#### 2.1.5 体外抑菌试验

本试验采用滤纸片法。选用优质滤纸直径为12 cm圆形纸片,121℃高压灭菌40 min,再经85℃烘干,置于干燥器中备用。取制备好的纸片分别放入不同浓度的供试液中,浸泡2 h后取出。每种浓度每个供试菌设3个重复。然后置于37℃恒温培养箱中培养18 h,比较各自抑菌圈直径,取平均值。抑菌圈越大表明抑菌效果越好。

### 2.2 抗氧化作用实验方法

#### 2.2.1 绿原酸溶液的配制

将三种植物的绿原酸粗提物,用丙酮溶解成5、15、20、25 mg/mL不同浓度的绿原酸供试液。

#### 2.2.2 抗脂质过氧化能力的测定

##### 2.2.2.1 试剂的配制

(1) 10 mmol/L pH7.4 磷酸盐缓冲液配制:取 19 mL 0.2 mol/L  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  和 81 mL 0.2 mol/L  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ , 加水稀释至 1000 mL。(2) 脂质体 PBS 分散系配制:将 300 g 卵磷脂溶解于 30 mL 10 mmol/L pH7.4 的 PBS 中,冰浴震荡,使之完全溶解。(3) 三氯乙酸(TCA)-硫代巴比妥酸(TBA)-盐酸混合液配制:将 15 g 三氯乙酸,0.37 g 硫代巴比妥酸,2.1 mL 浓盐酸依序放入 100 mL 水中,使之完全溶解,封口备用。(4) 0.4 mmol/L 硫酸亚铁配制:准确称取 0.0278 g  $\text{FeSO}_4$  加蒸馏水溶解,定容于 250 mL 容量瓶。

### 2.2.2.2 抗脂质过氧化能力测定

分别于样品管中依次加入 1 mL 10 mg/mL 卵磷脂溶液、1 mL 0.4 mmol/L 硫酸亚铁溶液以及 1 mL 待测样品混匀。避光于 37 °C 水浴 60 min,加入 2 mL TCA-TBA-HCl 混合液,90 ~ 100 °C 水浴 15 min,迅速冷却,以 3000 rpm 转速离心 10 min,取上清液在 535 nm 测吸光度  $A_x$ 。参比管中以 1 mL 重蒸水代替 1 mL 卵磷脂溶液,空白管以 1 mL 重蒸水代替 1 mL 样品,操作方法同上,可测得空白管的吸光度  $A_0$ ,将抗坏血酸作为阳性对照。计算公式如下:

$$\text{抑制率}(\%) = (A_0 - A_x) / A_0$$

## 2.3 还原力的测定

### 2.3.1 试剂的配制

(1) 0.2 mol/L pH6.6 磷酸盐缓冲液的配制:将 62.5 mL 0.2 mol/L  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  和 37.5 mL 0.2 mol/L  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  混合得到磷酸盐缓冲液。(2) 1% 六氰合铁酸钾溶液:将 1g 六氰合铁酸钾,加蒸馏水,定溶至 100 mL。(3) 10% 三氯乙酸:将 10g 三氯乙酸,加蒸馏水,定溶至 100 mL。(4) 0.1% 的三氯化铁溶液:将 0.1 g 三氯化铁,加蒸馏水,定溶至 100 mL。

### 2.3.2 还原力测定方法

取待测液 2.5 mL 于试管中,加入 2.5 mL 0.2 mol/L pH6.6 磷酸盐缓冲液和 2.5 mL 1% 六氰合铁酸钾溶液于 50 °C 水浴保温 20 min 后,快速冷却,再

加入 2.5 mL 10% 三氯乙酸,以 3000 rpm 的转速离心 10 min,取上清液 2.5 mL,依次加入 2.5 mL 蒸馏水,0.5 mL 0.1% 的三氯化铁溶液,充分混匀,静置 10 min 后,在 700 nm 处测定其吸光值,以蒸馏水作参比。

## 2.4 对二苯代苦味酰基自由基(DPPH·)的清除作用

### 2.4.1 试剂的配制

$2 \times 10^{-4}$  mmol/L DPPH 溶液的配制:准确称取 0.030 g 溶于无水乙醇中,用无水乙醇定容于 50 mL 容量瓶配成 1 mmol/L 的 DPPH 溶液。用移液枪取 1 mmol/L 的 DPPH 溶液 100  $\mu\text{L}$ ,用无水乙醇定容至 500 mL。(注意遮光保存)

### 2.4.2 对二苯代苦味酰基自由基的清除作用的测定方法

将 2 mL 蒸馏水与 2 mL  $2 \times 10^{-4}$  mmol/L DPPH 溶液加入同一试管中,摇匀,放置 30 min,用蒸馏水作参比,测定其吸光度即  $A_0$ ,测定样品清除能力时,所取试剂同前,只是分别加 2 mL 待测液代替蒸馏水,静置 30 min 后测 A 值(用同浓度样液作为参比),即为待测管光吸收值  $A_1$ 。清除率按如下公式计算:

$$\text{清除率}\% = (A_0 - A_1) / A_0$$

## 3 实验结果

### 3.1 三种绿原酸提取物的抑菌活性

由表 1 可以得出三种植物中绿原酸提取物对细菌均有很强的抑制作用,特别是对金黄色葡萄球菌的抑制作用,在浓度为 100 mg/mL 时,平卧菊三七绿原酸提取物、金银花绿原酸提取物、杜仲叶绿原酸提取物的抑菌圈分别可达 21.4、23.6、24.7 mm。同时,对大肠杆菌和沙门氏菌液也有明显的抑制作用,但是对酵母菌的抑菌作用不明显,当浓度在 25 mg/mL 时,平卧菊三七绿原酸提取物和金银花绿原酸提取物对酵母菌的抑菌圈小于 12 mm。

表 1 三种植物中绿原酸提取物的抑菌活性

Table 1 Antibacterial activity of chlorogenic acid extract among three plants

供试样 Sample	绿原酸浓度 Concentration of chlorogenic acid (mg/mL)	抑菌圈直径 Diameter of bacteriostatic circle (mm)			
		金黄色葡萄球菌 S. aureus	沙门氏菌 Salmonella	大肠杆菌 E. coli	酵母菌 Yeast
平卧菊三七提取物 G. procumbens extract	100	21.4 ± 0.1	14.2 ± 0.3	19.7 ± 0.2	12.6 ± 0.1
	50	20.9 ± 0.2	13.6 ± 0.2	18.8 ± 0.1	12.2 ± 0.1
	25	19.5 ± 0.2	13.1 ± 0.1	18.3 ± 0.1	-

续表 1 (Continued Tab. 1)

供试样 Sample	绿原酸浓度 Concentration of chlorogenic acid (mg/mL)	抑菌圈直径 Diameter of bacteriostatic circle (mm)			
		金黄色葡萄球菌 S. aureus	沙门氏菌 Salmonella	大肠杆菌 E. coli	酵母菌 Yeast
空白(丙酮)Blank (acetone)		-	-	-	-
金银花提取物 L. japonica extract	100	23.6 ± 0.2	15.9 ± 0.1	20.5 ± 0.2	13.5 ± 0.1
	50	23.1 ± 0.2	15.2 ± 0.3	20.2 ± 0.1	12.7 ± 0.2
	25	22.4 ± 0.1	14.7 ± 0.1	19.4 ± 0.2	-
空白(丙酮)blank (acetone)		-	-	-	-
杜仲叶提取物 E. ulmoidesleaves extract	100	24.7 ± 0.2	16.4 ± 0.1	22.2 ± 0.2	14.4 ± 0.2
	50	23.9 ± 0.1	16.0 ± 0.2	21.7 ± 0.1	13.5 ± 0.1
	25	23.1 ± 0.1	15.2 ± 0.1	20.9 ± 0.1	12.7 ± 0.3
空白(丙酮)Blank (acetone)		-	-	-	-

Note: "-" indicated the diameter of bacteriostatic circle < 12 mm.

由表 1 可以得知,杜仲叶绿原酸提取物的抑菌谱最广,抑菌活性最强,对金黄色葡萄球菌、沙门氏菌、大肠杆菌和酵母菌的供试菌都表现出不同程度的抑菌活性,并且其抑制效果强于平卧菊三七绿原酸提取物和金银花绿原酸提取物,这可能的原因是,提取物中除了绿原酸起作用外,还与各粗提物中黄酮类物质的含量有关。赵彦杰<sup>[14]</sup>对金银花的黄酮类物质和绿原酸进行了抑菌试验,试验结果表明黄酮类物质的也有较好的抑菌效果,这正恰恰印证杜仲叶绿原酸提取物可以在某种程度上的抑菌效果强于平卧菊三七绿原酸提取物和金银花绿原酸提取物。结合抑菌活性综合分析,各供试物的抑菌强弱顺序为:杜仲叶绿原酸提取物 > 金银花绿原酸提取物 > 平卧菊三七绿原酸提取物。产生这一结果,可能是由于杜仲叶绿原酸提取物中存在着黄酮类物质,起到更强的抗菌作用。

由表 1 还可以得知,各种绿原酸提取物对细菌的抑菌效果总体上要高于对真菌的抑菌效果。对细菌的抑菌效果中,金黄色葡萄球菌的抑菌效果要高于其它细菌。我们可以得出结论,各种绿原酸提取物对细菌有着良好的抑菌作用,尤其是对金黄色葡萄球菌有着良好的抑菌作用。这不仅可以用于食品的抑菌也可开发成药物。众所周知感染金黄色葡萄球菌后,需要长时间、大剂量、多种抗生素交替使用才能彻底治愈。杜仲叶绿原酸提取物显著的杀菌效果可以进一步作为天然食品杀菌剂加以开发。

## 2.2 抗脂质过氧化能力的测定分析

生物体内细胞膜的流动性和渗透性由其磷脂等成分保证,过多的自由基袭击、油脂过氧化会导致细

胞死亡。另一方面,有些食品中含有丰富的油脂,油脂的氧化可导致其酸败,是食品生产的大敌。因此,抗氧化剂对脂类氧化的抑制作用也显得至关重要。

本试验通过研究三种待测物对抗卵磷脂氧化能力从而分析其对抗脂质氧化的能力,为研究哪种绿原酸提取物的抗油脂氧化能力强作铺垫。图 1 为三种绿原酸提取物抗脂质过氧化能力。

图 1 中,我们可以看出三种绿原酸提取物都具有一定的抗脂质氧化的能力,并随着浓度的不断提高。从抗脂质氧化能力的角度出发,杜仲叶绿原酸提取物的抗脂质氧化能力优于阳性对照抗坏血酸,并且其抗脂质氧化能力优于金银花中绿原酸提取物和平卧菊三七中绿原酸提取物的抗脂质氧化能力。这可能与三种植物提取物中所含不同天然有效成分有关。杜仲叶提取物中除了绿原酸外,还含有大量

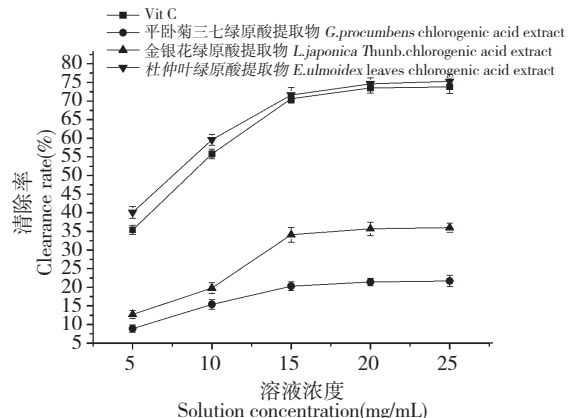


图 1 三种植物绿原酸提取物的抗脂质过氧化能力

Fig. 1 The anti-lipid oxidation ability of chlorogenic acid extract among three plants

仲叶中发现有多种黄酮类物质<sup>[15]</sup>, 主要为山奈酚(kaempferol)、槲皮素(queracetin)、紫云英苷(astragaloside)、陆地锦苷(hirsutin)、芦丁等。这些物质或多或少都具有一定的抗脂质过氧化能力<sup>[16]</sup>。

### 2.3 还原能力的测定分析

还原力测定的实质是检验物质的电子供应者好坏的过程。还原力强的物质供应的电子既可以与自由基发生反应形成稳定的物质还可以还原氧化性物质。所以, 还原力的测定可看作总抗氧化能力的指标。

本试验以 Vit C 为参照物, 对三种植物绿原酸提取物进行还原能力的研究, 结果如图 2 所示。研究表明, 随着浓度的不断提高, 各样品的还原能力也不断增强。从还原能力的角度出发, 杜仲叶中绿原到提取物的还原力优于阳性对照 Vit C, 并且其还原力优于金银花中绿原酸提取物和平卧菊三七中绿原酸提取物的还原力。同样的原因是杜仲提取物中除了绿原酸外, 还含有大量的黄酮类物质。

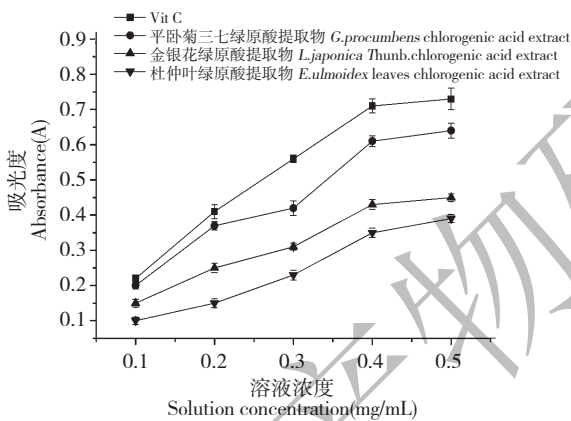


图 2 三种植物绿原酸提取物的还原能力

Fig. 2 The reducing ability of chlorogenic acid extract among three plants

### 2.4 清除 DPPH· 的测定分析

大部分自由基性质比较活泼且寿命非常很短, 但 DPPH· 是个例外, 它是一种稳定的自由基, 因此, 要通过判断某物质的抗氧化性的效果, 可通过测定其清除 DPPH 的能力来判断。DPPH 的乙醇溶液呈深紫色, 在 517 nm 处有吸收。若有单电子与其配对, 则吸收消失, 其紫色的深浅与接受的电子数成定量关系, 因此清除 DPPH 的效果, 可用分光光度法进行定量分析。所以通过此方法可以较准确地得到物质清除自由基能力。对三种植物绿原酸提取物进行还原能力的研究, 结果如图 3 所示。

由图 3 可以看出, Vit C 的清除 DPPH· 能力略

强于杜仲叶中绿原酸提取物; 当 Vit C 和杜仲叶绿原酸提取物的浓度为 0.2 mg/mL 时, 两者清除 DPPH· 能力达到最大值, 当它们的浓度进一步加大时, 其清除 DPPH· 能力不再发生明显的变化, 均趋于平衡状态, 说明在此浓度下 (0.2 mg/mL) 杜仲叶绿原酸提取物清除 DPPH· 自由基效果达到最大化。这三种植物提取物清除 DPPH· 能力强弱顺序为: 杜仲叶绿原酸提取物 > 金银花绿原酸提取物 > 平卧菊三七绿原酸提取物。这可能由于杜仲叶绿原酸提取物含有丰富的黄酮等物质有关, 表现出很强的清除自由基能力。

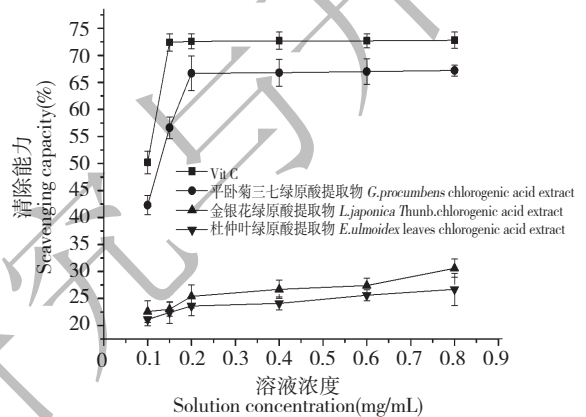


图 3 三种植物绿原酸提取物的清除 DPPH· 能力

Fig. 3 The DPPH· scavenging ability of chlorogenic acid extract among three plants

这三种植物提取物表现出的抗氧化作用的原因可能是绿原酸起到了作用, 由于绿原酸的结构中含有多个酚羟基可以作为 H 供体, 能够夺取自由基, 形成相对更稳定的自由基, 另外, 绿原酸对油脂的过氧化反应有阻断作用。另一方面, 这三种植物提取物表现出不同强度的抗氧化作用, 主要可以是在这些提取物中其他成分含量不同所引起的, 如黄酮类物质的含量不同, 在杜仲叶提取物中黄酮类物质达到 20.1%, 黄酮类化合物在抗氧化反应中不仅能清除链引发阶段的自由基, 而且可以直接捕获自由基反应链中的自由基, 阻断自由基链反应, 起到预防和断链的双层作用。黄酮类化合物通过酚羟基与自由基反应生成较稳定的半醌式自由基, 从而终止自由基链式反应, 这是黄酮类化合物清除自由基的最主要机制<sup>[13]</sup>。

## 3 结论

研究表明, 平卧菊三七绿原酸提取物、金银

花绿原酸提取物和杜仲叶绿原酸提取物对细菌均有很强的抑制作用,特别是对金黄色葡萄球菌的抑制作用,在浓度为 100 mg/mL 时,平卧菊三七绿原酸提取物、金银花绿原酸提取物、杜仲叶绿原酸提取物的抑菌圈分别可达 21.4、23.6、24.7 mm。同时,对大肠杆菌和沙门氏菌液也有明显的抑制作用,但是对酵母菌的抑菌作用不明显;且各供试物的抑菌强弱顺序为:杜仲叶绿原酸提取物 > 金银花绿原酸提取物 > 平卧菊三七绿原酸提取物。同时,研究表明,在这三种植物中绿原酸提取物中,杜仲叶绿原酸提取物的抗脂质过氧化能力、还原能力和清除 DPPH· 能力均高于其他两种绿原酸提取物。本文揭示了在平卧菊三七、金银花、杜仲叶绿原酸提取物中,杜仲叶绿原酸提取物有较强的抑菌活性和抗氧化作用。

#### 参考文献

- Lo HH, Chung JG. The effects of plant phenolics, caffeic acid, chlorogenic acid and ferulic acid on arylamine N-acetyltransferase activities in human gastrointestinal microflora. *Anticancer Res*, 1999, 19: 133-139.
- Tsou MF, Hung CF, Lu HF, et al. Effects of caffeic acid, chlorogenic acid and ferulic acid on growth and arylamine N-acetyltransferase activity in *Shigella sonnei* (group D). *Microbios*, 2000, 101: 37-46.
- Lin XZ, Liu CY, Chen KS, et al. Extraction and content comparison of chlorogenic acid in *Arctium lappal* L. leaves collected from different terrain and its restraining bacteria test. *Nat Prod Res Dev* (天然产物研究与开发), 2004, 18: 408-413.
- Dogasaki C, Shindo T, Furuhashi K, et al. Identification of chemical structure of antibacterial components against *Legionella pneumophila* in a coffee beverage. *Yakugaku Zasshi*, 2002, 122: 487-494.
- Shi AH (石爱华), OuYang YZ (欧阳玉祝), Li YS (李佑稷). Influence of chlorogenic acid on anti-oxidation stability of Kiwifruit seed oil. *J Hunan City Univ* (湖南城市学院学报), 2007, 16(4): 60-62.
- Jin Y (金莹), Sun AD (孙爱东), Hu XD (胡晓丹). Ultrasonic extraction and antioxidant activities of apple polyphenols. *J Beijing Forest Univ* (北京林业大学学报), 2007, 29: 137-141.
- Wang Y (王雅), Zhao P (赵萍), Zhao K (赵坤). Study on the extracting condition and antioxidant activity of chlorogenic acid in *Agrioplyllum squarrosum*. *Food Ferment Ind* (食品与发酵工业), 2007, 33: 131-134.
- Wang H J (王宏军), Wu GJ (吴国娟), Li FR (李焕荣). Extraction of chlorogenic acid from *Flos Lonicerae* and its antibacterial activity. *J Beijing Agric Coll* (北京农学院学报), 2003, 18(4): 262-265.
- Qu JN (屈景年), Mo YC (莫运春), Liu MQ (刘梦琴). Extraction of chlorogenic acid from *Flos Lonicerae* by one-step method and antimicrobial abilities of chlorogenic acid. *Chem World* (化学世界), 2005, 3: 167-169.
- Luo J (罗娟), Li Y F (李友凤), Hu X L (胡晓莲). Study on extraction of chlorogenic acid and determination of antibacterial activity of its rare-earth complexes. *Chem Ind Forest Prod* (林产化学与工业), 2007, 27(2): 85-88.
- Peng MJ (彭密军), Peng S (彭胜), Wu JL (吴吉林). Antioxidant effect of eucommin. *Food Sci* (食品科学), 2010, 31(19): 84-86.
- Yang HX (杨海霞), Cheng XP (程晓平), Li G (李刚). Comparison of antimicrobial effects of alcohol extract and water extract of honeysuckle leaves. *China Tropic Med* (中国热带医学), 2013, 13: 800-804.
- Meng QH (孟庆华), Yu XX (于晓霞), Zhang HF (张海凤). Flavonoids mechanism of scavenging free radicals and its application as natural antioxidants. *J Yunnan Univ National, Nat Sci* (云南民族大学学报, 自科版), 2012, 21(2): 79-83.
- Zhao YJ (赵彦杰). Study on antimicrobial effects of leaves extracts of *Lonicera japonica* Thunb. *Food Sci* (食品科学), 2007, 28(7): 63-65.
- Tang FR (唐芳瑞), Zhang ZL (张忠立), Zuo YM (左月明), et al. Chemical components of flavonoids of *Eucommiaefolium*. *Chin J Exp Tradit Med Formul* (中国实验方剂学杂志), 2014, 20(5): 90-92.
- Li JM (李健民), Xu YM (徐艳明), Zhu KY (朱魁元), et al. 杜仲抗氧化生物活性研究进展. *Acta Chin Med Pharmacol* (中医学报), 2010, 38: 137-139.