

## 温郁金抗炎抗氧化活性内生真菌的筛选

王艳红<sup>1</sup>, 朱艳萍<sup>1</sup>, 杨信东<sup>2</sup>, 吴晓民<sup>3\*</sup>

1. 吉林农业大学 农业部参茸产品质量监督检验测试中心, 吉林 长春 130118

2. 吉林农业大学农学院, 吉林 长春 130118

3. 吉林农业大学附属医院, 吉林 长春 130118

**摘要:** **目的** 研究温郁金内生真菌的抗炎抗氧化活性, 旨在获得有良好抗炎抗氧化活性的菌株, 以寻找新型抗炎抗氧化活性物质。 **方法** 采用二甲苯致小鼠耳廓肿胀及醋酸致小鼠腹腔毛细血管通透性的动物模型对已分离的 50 株温郁金内生真菌发酵产物进行抗炎活性筛选; 采用 DPPH 法测试内生真菌的抗氧化活性。 **结果** 有 21 株内生真菌能够抑制二甲苯诱导的小鼠耳肿胀, 并且对醋酸所致小鼠腹腔毛细血管通透性有降低作用, 其中菌株 E3、E8、E17、E24、E37、E46 的抑制作用最为显著 ( $P < 0.01$ ), 作用与萘普生相当; 具有抗氧化活性的菌株 8 株。并且其抗氧化活性存在剂量效应关系, 其中活性菌株 E2、E17、E37 在质量浓度为 140  $\mu\text{g/mL}$  时对 DPPH 自由基清除率都在 90% 以上。 **结论** 温郁金含有抗炎抗氧化活性的内生真菌, 菌株 E2、E3、E8、E17、E24、E37、E46 具有良好的抗炎抗氧化效果, 具有一定的研究开发前景。

**关键词:** 温郁金; 内生真菌; 抗炎活性; 抗氧化活性

中图分类号: R965.1 R971.1 R977.9 文献标志码: A 文章编号: 1674-6376(2013)02-0090-005

DOI: 10.7501/j.issn.1674-6376.2013.02.003

## Screening of endophytic fungi from *Curcuma wenyujin* with anti-inflammatory and anti-oxidant activities

WANG Yan-hong<sup>1</sup>, ZHU Yan-ping<sup>1</sup>, YANG Xin-dong<sup>2</sup>, WU Xiao-ming<sup>3\*</sup>

1. Ginseng and Cartialgenous Testing Center of Ministry of Agriculture, Jilin Agriculture University, Changchun 130118, China

2. College of Agronomy, Jilin Agriculture University, Changchun 130118, China

3. The Hospital Affiliated to Jilin Agriculture University, Changchun 130118, China

**Abstract: Objective** To study the anti-inflammatory and anti-oxidant activities of endophytic fungi from medicinal plant *Curcuma wenyujin*, to obtain the strains with good anti-inflammatory and anti-oxidant activities, and to find the new substances with anti-inflammatory and anti-oxidant activities. **Methods** The anti-inflammatory activities of 50 strains from the isolated endophytic fungi were tested by animal models with ear swelling induced by xylene and peritoneal capillary permeability induced by acetic acid in mice; DPPH method was used to evaluate the anti-oxidant activities of endophytic fungi. **Results** Twenty-one strains of endophytic fungi could inhibit ear swell induced by xylene in mice and reduce peritoneal capillary permeability of mice induced by acetic acid. Compared with the group of physiological saline, the groups of E3, E8, E17, E24, E37, and E4 had the significant inhibitory effects ( $P < 0.01$ ), which was the same as Naproxen; Eight strains of endophytic fungi had the anti-oxidant activity. There was a dose-effect relationship between the fermentation products and the anti-oxidant activity, and their free radical scavenging rates against DPPH were above 90% when the concentration of E2, E17, and E37 were at 140  $\mu\text{g/mL}$ . **Conclusion** Some endophytic fungi from *C. wenyujin* have the anti-inflammatory and anti-oxidant activities, strains E2, E3, E8, E17, E24, E37, and E46 show the significant effect on the anti-inflammatory and anti-oxidant activities, which has a perspective in research and development.

**Key words:** *Curcuma wenyujin* Y. H. Chen et C. Ling; endophytic fungi; anti-inflammatory activity; anti-oxidant activity

植物内生真菌是一个多样性十分丰富的微生物类群, 它们生活在健康植物的各种组织和器官内部的细胞或细胞间隙内而不引起植物病变, 是与寄主植物在长期的共同进化过程中建立起互惠共存、相

收稿日期: 2013-01-28

基金项目: 吉林农业大学科研启动基金资助项目 (201110)

作者简介: 王艳红, 女, 博士, 研究方向为天然产物研究与应用

\*通信作者 吴晓民 Tel: (0431)84532820 E-mail: yutong7004@126.com

互制约的和谐联合关系的一类微生物<sup>[1]</sup>。研究表明,内生真菌能产生与宿主植物相同或相似的具有生理活性的次生代谢产物或新的活性成分<sup>[2]</sup>。目前已报道从植物内生真菌中得到的许多次生代谢产物具有抗肿瘤、抗炎、抗氧化和细胞毒性等活性。如仅从毛壳菌属的内生真菌中就分离得到了多种结构新颖且具有生物活性的化合物:球毛壳素类化合物、氧杂蒽酮、蒽醌、色酮、萜类化合物、甾体化合物等<sup>[3-4]</sup>。Harper等<sup>[5-6]</sup>的研究也表明,植物内生真菌具有抗氧化活性或可产生天然的抗氧化活性产物。因此从传统药用植物中分离内生真菌,发掘新的具有药用价值的活性成分来源吸引着众多学者来研究。

温郁金 *Curcuma wenyujin* Y. H. Chen et C. Ling 为姜科 Zingiberaceae 姜黄属植物。主产于浙江温州瑞安一带,为浙江省道地中药材<sup>[7]</sup>。温郁金的主要活性成分为挥发油和姜黄素类化合物。传统医学认为,温郁金具有活血化瘀、清心解郁、利胆退黄的功效,主要用于治疗经闭、痛经、腹胀痛、热病、刺痛、癲病发狂和黄疸尿赤等症。现代药理及临床研究表明,温郁金具有抗肿瘤、抗炎、抗氧化、抗菌、抗病毒和抗艾滋病等多种药理活性<sup>[8-9]</sup>。本实验室近几年对温郁金内生真菌进行了较深入的研究,已从温郁金的根、茎、叶中分离得到 56 株内生真菌,其中 50 株已经初步分类鉴定为 5 目、6 科、24 属,通过抗菌活性分析,从中发现了大量具有抑菌活性的内生真菌。并且对部分活性菌株化学成分进行了分析,在此基础上分离得到了已知的单体活性化合物和新单体活性化合物<sup>[10-12]</sup>。为了进一步研究开发新的药理活性菌株,通过二甲苯致小鼠耳廓肿胀实验、醋酸致小鼠腹腔毛细血管通透性实验及 DPPH 法对已分类鉴定的 50 株温郁金内生真菌进行了体内抗炎活性和体外抗氧化活性的初筛,为抗炎抗氧化的天然生物活性成分研究提供实验依据。

## 1 材料

### 1.1 内生真菌

药用植物温郁金内生真菌 50 株,由本实验室自温郁金的根、茎、叶中分离获得,保存于吉林农业大学农业部参茸产品质量监督检验测试中心微生物实验室。

### 1.2 培养基

马铃薯葡萄糖琼脂培养基(PDA):马铃薯 200 g,葡萄糖 20 g,琼脂 20 g,定容至 1 L, pH 自然;马铃薯葡萄糖液体培养基(PDB):马铃薯 200 g,

葡萄糖 20 g,定容至 1 L, pH 自然。

### 1.3 实验动物

昆明种小鼠,雌雄各半,体质量(20±2)g,由吉林大学实验动物中心提供。

### 1.4 药物与试剂

二甲苯(AR,北京化学试剂厂,批号 071022); 萘普生(武汉银河医药化工有限公司,批号 080401); 聚山梨酯 80(上海江莱生物科技有限公司,批号 090503); 0.6% 冰醋酸(AR,武汉市江北化学试剂有限责任公司,批号 080518)溶液; 2%伊文思蓝(上海如吉科技发展有限公司,批号 20070207)生理盐水; DPPH(2-diphenyl-1-picryl-hydrazyl,美国 Sigma 公司); L-抗坏血酸(Vit C,中国药品生物制品检验所,批号 10425-200301); 其他化学试剂均为分析纯。

## 2 方法

### 2.1 内生真菌发酵产物的制备

将试管斜面保存的内生真菌菌种经 PDA 培养基活化后,切取黄豆粒大小的菌丝块,接种于 500 mL/L 的三角瓶 PDB 培养基中,28 °C,150 r/min 摇床培养 8 d。滤过得发酵液,用醋酸乙酯萃取 3 次,得萃取液 A1;滤过出的菌丝体冷冻干燥后用醋酸乙酯超声提取 3 次(0.5 h/次),滤过后得滤液 A2,将 A1 和 A2 合并,减压浓缩至干得发酵产物,备用。

### 2.2 二甲苯致小鼠耳廓肿胀实验<sup>[13]</sup>

取昆明种小鼠 520 只,随机分为 52 组,每组 10 只。分别为模型组、内生真菌发酵产物 E1—E50 组(给药剂量为 300 mg/kg)、阳性药组(萘普生,给药剂量为 50 mg/kg)。ig 给药,1 次/d,连续 3 d,所有药物以 5%聚山梨酯 80 的生理盐水配成适当的浓度,模型组给予相应体积的 5%聚山梨酯 80 的生理盐水。末次给药后 1 h 于小鼠左耳前后两面均匀涂抹二甲苯 0.2 mL,右耳作对照,20 min 后脱颈处死小鼠,沿耳廓基线剪下两耳,用直径 9 mm 的打孔器分别在同一部位打下圆耳片,称质量,以左右耳片质量之差为肿胀度,并计算抑制率。

抑制率 = (模型组平均肿胀度 - 给药组平均肿胀度) / 模型组平均肿胀度

### 2.3 醋酸致小鼠腹腔毛细血管通透性实验<sup>[14]</sup>

取昆明种小鼠 520 只,分组及给药方法同上。末次给药 1 h 后尾 iv 2%伊文思蓝生理盐水 0.01 mL/g,立即 ip 0.6%醋酸 0.2 mL/只。20 min 后,脱颈处死小鼠,剪开腹腔,用 5 mL 生理盐水冲洗腹腔数次,收集洗涤液,2 500 r/min 离心 5 min,取上

清液于 590 nm 处比色, 测定吸光度 ( $A$ ) 值, 计算抑制率。

抑制率 = (模型对照组腹腔液  $A_{590}$  - 给药组腹腔液  $A_{590}$ ) / 模型对照组腹腔液  $A_{590}$

## 2.4 抗氧化活性测定

采用 DPPH 法<sup>[15]</sup>对内生真菌发酵产物的体外抗氧化活性进行评价, 配制浓度为 0.2 mmol/L 的 DPPH 乙醇溶液。另将内生真菌的发酵产物 E1~E50 用无水乙醇配成 20.0、40.0、60.0、80.0、100.0、120.0、140.0  $\mu\text{g/mL}$  的待测溶液。并以 Vit C 作为阳性对照, 按以下计算公式中的方法加样, 室温下反应 30 min, 在波长 517 nm 处测定  $A$  值。每样重复 3 次, 取平均值, 并按下式计算待测溶液对 DPPH 自由基的清除率。

$$\text{DPPH 清除率} = 1 - (A_i - A_j) / A_0$$

式中,  $A_i$  为 2 mL DPPH 溶液加 2 mL 待测溶液的  $A$  值;  $A_j$  为 2 mL 待测溶液加 2 mL 乙醇的  $A$  值;  $A_0$  为 2 mL DPPH 溶液加 2 mL 乙醇的  $A$  值。

## 2.5 数据处理

数据分析采用 SPSS 17.0 统计软件, 所有数据结果均以  $\bar{x} \pm s$  表示, 组间差异比较采用 One-way ANOVA。

## 3 结果

### 3.1 内生真菌发酵产物对二甲苯所致小鼠耳廓肿胀度的影响

二甲苯能明显诱导小鼠耳肿胀, 等剂量的 50 株不同内生真菌发酵产物 E1~E50 ig 给药 3 d 后, 发现有 21 株内生真菌对二甲苯诱导的小鼠耳肿胀有不同的抑制作用 (抑制率 > 5%), 其他菌株对二甲苯诱导的小鼠耳肿胀度接近模型组 (抑制率  $\leq$  5%), 视为无抑制作用。其中菌株 E2、E10、E26、E28、E42、E44、E47 对二甲苯诱导的小鼠耳肿胀有明显的抑制作用 ( $P < 0.05$ ), 而分属于镰孢霉属、青霉属、毛壳菌属和头孢霉属的菌株 E3、E8、E17、E24、E37、E46 的抑制作用最为显著 ( $P < 0.01$ ), 对小鼠耳肿胀抑制率接近阳性对照药萘普生。结果见表 1。

### 3.2 内生真菌发酵产物对醋酸所致小鼠腹腔毛细血管通透性的影响

实验结果可见, 对二甲苯诱导的小鼠耳肿胀有不同抑制作用的 21 株内生真菌同样对 0.6% 醋酸所致小鼠腹腔毛细血管通透性也有不同的影响, 菌株 E2、E3、E8、E10、E17、E24、E26、E28、E37、

E42、E46、E44 和 E47 对醋酸所致小鼠腹腔毛细血管通透性有显著的降低作用, 其中镰孢霉属、青霉属、毛壳菌属和头孢霉属的菌株 E3、E8、E17、E24、E37 和 E46 的抑制作用最为显著 ( $P < 0.01$ ), 对醋酸所致小鼠腹腔毛细血管通透性的抑制作用接近阳性对照药萘普生。而其他菌株均无明显影响。结果见表 1。

### 3.3 内生真菌发酵产物的抗氧化活性

通过 DPPH 法对 50 株内生真菌发酵产物抗氧化活性筛选的检测, 只有 8 株表现为不同的抗氧化活性。对这 8 株内生真菌发酵产物在 20~140  $\mu\text{g/mL}$  进行清除 DPPH 自由基的活性分析, 结果见图 1。由图 1 可知, 与阳性对照物 Vit C 比较, 菌株 E17、E37、E2、E47 和 E8 对 DPPH 自由基均有较强的清除活性, 其中 E17 和 E37 的活性最强。且清除 DPPH 自由基的活性与样品质量浓度呈正相关, 在质量浓度为 60  $\mu\text{g/mL}$  时, 菌株 E17、E37、E2、E47 和 E8 对 DPPH 自由基清除率分别为 94.8%、92.1%、76.7%、60.6%、50.1%, 其中 E17 和 E37 在清除 DPPH 自由基活性与浓度的相关性上表现的与阳性对照药 Vit C 极为相似, 从 60~140  $\mu\text{g/mL}$  对 DPPH 自由基的清除率变化不大, 对 DPPH 的清除率均在 92.0%~96.0%。说明在 60  $\mu\text{g/mL}$  时, DPPH 已基本被清除。菌株 E3、E24 和 E46 清除 DPPH 自由基活性与浓度的相关性上表现相似, 但是这 3 种内生真菌抗氧化活性较弱, 在 140  $\mu\text{g/mL}$  条件下, 对 DPPH 自由基的清除率仅为 46.9%、42.9%、51.4%。

## 4 讨论

本研究对 50 株药用植物温郁金不同部位内生真菌的抗炎和抗氧化活性进行了初步筛选, 抗炎结果显示有 21 株内生真菌具有不同程度的抗炎活性, 其中 5 株内生真菌具有很强的抗炎活性, 几乎接近阳性对照药萘普生。与模型组比较, 具有极显著的抗炎活性 ( $P < 0.01$ ), 还有 7 株具有较显著的抗炎活性 ( $P < 0.05$ ), 其他菌株抗炎活性则较弱。DPPH 法筛选出 8 株具有抗氧化活性的温郁金内生真菌, 但不同菌株抗氧化活性具有明显的差异性, 其中菌株 E2、E17 和 E37 在质量浓度为 140  $\mu\text{g/mL}$  时对 DPPH 自由基清除率都在 90% 以上, 活性与阳性对照物 Vit C 相当, 具有很强的抗氧化能力。其他几株内生真菌与阳性对照物 Vit C 相比, 虽然在低浓度时抗氧化活性不显著, 但随着剂量增加, 其抗氧化活性也相应增强, 存在着量效关系趋势。以上这

表1 温郁金内生真菌的抗炎抗氧化活性分析比较 ( $\bar{x} \pm s, n = 10$ )  
Table 1 Anti-inflammatory and anti-oxidant activities of endophytic fungi in *C. wenyujin* ( $\bar{x} \pm s, n = 10$ )

样品	种类	分离部位	对二甲苯所致小鼠耳廓肿胀度的影响		对小鼠腹腔毛细血管通透性的影响	
			肿胀度/mg	抑制率/%	A 值	抑制率/%
模型	生理盐水	—	15.98±2.03	—	1.069 0±0.121 4	—
阳性对照	萘普生	—	8.18±0.93	48.81	0.562 9±0.201 3	47.34
E2	<i>Fusarium sp.</i>	Root	11.29±0.76*	29.34	0.796 3±0.104 5*	25.50
E3	<i>Fusarium sp.</i>	Root	9.15±1.24**	42.74	0.603 0±0.112 5**	43.59
E8	<i>Penicillium sp.</i>	Root	8.66±1.56**	45.80	0.601 9±0.098 7**	43.69
E10	<i>Penicillium sp.</i>	Root	10.04±1.67*	37.17	0.704 9±0.291 0*	34.05
E11	<i>Aspergillus sp.</i>	Root	14.86±1.34	7.00	0.985 9±0.108 9	7.77
E12	<i>Aspergillus sp.</i>	Root	14.23±2.13	10.95	0.968 7±0.087 9	9.38
E14	<i>Corynespora sp.</i>	Root	13.70±2.01	14.26	0.917 9±0.321 0	14.13
E16	<i>Chaetomella sp.</i>	Leaf	14.05±1.87	12.07	0.919 5±0.172 3	13.98
E17	<i>Chaetomium sp.</i>	Leaf	8.02±0.98**	49.81	0.553 5±0.120 9**	48.22
E20	<i>Alternaria sp.</i>	Leaf	14.56±1.69	8.88	0.962 7±0.210 8	9.94
E24	<i>Fusarium sp.</i>	Root	9.22±1.78**	42.30	0.605 5±0.276 0**	43.35
E26	<i>Fusarium sp.</i>	Leaf	10.23±1.23*	35.98	0.727 1±0.172 0*	31.98
E28	<i>Gliocladium sp.</i>	Root	12.52±2.01*	21.65	0.850 1±0.265 3*	20.47
E29	<i>Aspergillus sp.</i>	Leaf	14.67±2.45	8.19	0.988 0±0.128 7	7.57
E35	<i>Trichoderma sp.</i>	Leaf	14.14±1.21	11.51	0.961 8±0.343 2	10.02
E37	<i>Penicillium sp.</i>	Root	8.91±1.02**	44.24	0.602 5±0.310 4**	43.63
E41	<i>Cephalosporium sp.</i>	Root	13.97±1.45	12.57	0.918 9±0.231 0	14.04
E42	<i>Gliocladium sp.</i>	Root	12.88±1.99*	19.39	0.851 6±0.278 9*	20.33
E44	<i>Gliocladium sp.</i>	Root	11.45±2.05*	28.34	0.805 9±0.093 4*	24.61
E46	<i>Cephalosporium sp.</i>	Root	9.32±1.54**	41.67	0.607 5±0.219 0**	43.17
E47	<i>Cephalosporium sp.</i>	Root	10.33±1.67*	35.35	0.729 7±0.148 9	31.73
其他	—	—	—	<5%	—	<5%

与模型组比较: \* $P < 0.05$  \*\* $P < 0.01$

\* $P < 0.05$  \*\* $P < 0.01$  vs model group

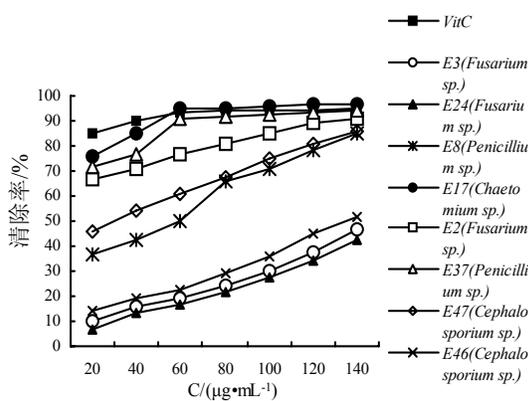


图1 不同内生真菌的 DPPH 自由基清除率

Fig. 1 DPPH free radical scavenging rates of different endophytic fungi

些结果表明温郁金内生真菌是筛选天然抗炎抗氧化活性成分或先导化合物的潜在资源, 其抗炎抗氧化活性物质值得进一步的深入研究。

本课题组已有的研究表明从药用植物温郁金不同的部位分离得到的内生真菌具有一定的组织专一性, 其中根部和叶片的内生真菌在数量和种群组成上均较丰富, 与茎中的内生真菌存在明显差异<sup>[16]</sup>。本研究发现活性菌株的分布也具有一定的组织专一性, 实验筛选得到的具有抗炎抗氧化活性的内生真菌均分离自根和叶片中, 而从茎中分离得到的菌株未筛选出任何活性。有研究表明, 处于生物多样性丰富、生长竞争激烈的环境下的内生真菌产生活性次生代谢产物的可能性较大<sup>[17]</sup>。本实验筛选出的活

性菌株主要分布在根部和叶片,可能与根部和叶片中较为丰富的微生物种群组成有关。

另一方面,鉴于温郁金含有以姜黄素为代表的多种抗炎抗氧化活性物质<sup>[18]</sup>,其内生真菌也具有抗炎抗氧化活性,从而又一次证明了“植物内生真菌一般能够产生与宿主植物相同或相似的生理活性物质”<sup>[2]</sup>。温郁金根部姜黄素类化合物含量较高,种类较多,而茎及叶的姜黄素类化合物含量很低,种类相对较少<sup>[7, 19-20]</sup>,这表明温郁金中活性物的产生,可能与其内生真菌存在一定的关系。目前,本课题组正在对本次试验筛选到的抗炎抗氧化活性菌株进行次生代谢产物的研究,上述活性菌株是否能够产生姜黄素类化合物,还有待进一步研究确证。

#### 参考文献

- [1] 郑春英, 崔宇, 纪鑫, 等. 药用植物刺五加内生真菌的分离及其抑菌活性研究 [J]. 中国药学杂志, 2008, 43(20): 1541-1544.
- [2] 易晓华, 冯俊涛, 王永宏, 等. 除虫菊内生真菌 Y2 菌株的分离鉴定及其发酵产物抑菌活性初步研究 [J]. 农药学学报, 2007, 9(2): 193-196.
- [3] Gunatilaka A A L. Natural products from plant-associated microorganisms: distribution, structural diversity, bioactivity and implications of their occurrence [J]. *J Nat Prod*, 2006, 69: 509-526.
- [4] Scherlach K, Boettger D, Remme N, et al. The chemistry and biology of cytochalasans [J]. *Nat Prod Rep*, 2010, 27: 869-886.
- [5] Harper J K, Arif A M, Ford E J, et al. Pestacin: A 1, 3-dihydro-isobenzofuran from *Pestalotiopsis microspora* possessing antioxidant and antimycotic activities [J]. *Tetrahedron*, 2003, 59(14): 2471-2476.
- [6] Liu X L, Dong M S, Chen X H, et al. Antioxidant activity and phenolics of an endophytic *Xylaria* sp. from *Ginkgo biloba* [J]. *Food Chem*, 2007, 105: 548-554.
- [7] 方露敏, 黄真. 温郁金的研究进展 [J]. 中华中医药学刊, 2008, 26(9): 1998-2000.
- [8] 中国药典[S]. 一部. 2010.
- [9] 肖培根. 新编中药志 [M]. 北京: 化工出版社, 2002.
- [10] 王艳红, 徐磊, 杨信东, 等. 温莪术内生真菌的分离及其抗菌活性的初步研究 [J]. 中国药学杂志, 2009, 44(13): 972-975.
- [11] 王艳红, 吴晓民, 杨信东, 等. 温郁金内生真菌 E8 菌株的鉴定及次生代谢产物的研究 [J]. 中国中药杂志, 2011, 36(6): 770-774.
- [12] Wang Y H, Xu L, Ren W M, et al. Bioactive metabolites from *Chaetomium globosum* L18, an endophytic fungus in the medicinal plant *Curcuma wenyujin* [J]. *Phytomedicine*, 2012, 19(3/4): 364-368.
- [13] 彭磊, 张茜, 李荣, 等. 橙皮苷衍生物抗炎活性的筛选研究 [J]. 安徽医科大学学报, 2011, 46(1): 36-39.
- [14] 文德鉴, 陈国栋, 张翠兰, 等. 竹节人参总皂苷抗炎作用的实验研究 [J]. 时珍国医国药, 2008, 19(5): 1155-1156.
- [15] 蒋雯雯, 马淼, 郭艳, 等. 刺山柑多酚类物质含量及其抗氧化活性研究 [J]. 西北植物学报, 2012, 32(3): 555-558.
- [16] 王艳红, 汪洪, 徐磊, 等. 温莪术内生真菌的分离及其分类鉴定 [J]. 时珍国医国药, 2009, 20(11): 2803-2806.
- [17] 戴文君, 戴好富, 陈苹, 等. 海南粗榧内生真菌抗肿瘤抗菌活性的筛选 [J]. 微生物学通报, 2009, 36(8): 1217-1221.
- [18] 胡润淮, 邵清松. 温郁金化学成分研究进展 [J]. 时珍国医国药, 2007, 18(7): 1773-1775.
- [19] 王利霞, 邓志威, 黄可新, 等. 温郁金茎叶化学成分研究 [J]. 中国中药杂志, 2008, 33(7): 785-788.
- [20] 秦坤良, 汤淙淙, 黄可新. 温郁金茎叶与块根中挥发油成分的比较研究 [J]. 温州医学院学报, 2006, 36(2): 95-97.