

# 长裙竹荪3部分石油醚提取物的对比

黎璐<sup>1,2</sup>, 吕昱<sup>1</sup>, 汤洪敏<sup>1,2,\*</sup>

(1.贵州民族大学化学与环境科学学院, 贵州 贵阳 550025; 2.贵州民族大学贵州民族医药研究院, 贵州 贵阳 550025)

**摘要:**目的: 通过黔产长裙竹荪鲜品的菌盖、子实体、菌托3部分石油醚提取物的比较研究, 为寻找黔产长裙竹荪菌盖、菌托的利用价值、拓展黔产长裙竹荪的合理利用提供科学依据。方法: 常温下用石油醚分别对黔产长裙竹荪的3部分进行萃取, 应用气质联用仪对萃取的化学成分进行研究, 气相色谱柱为HP-Innowax极性柱分离。结果: 3部分的石油醚提取物检出69种成分, 其中32种成分从竹荪属中检出。菌盖、子实体、菌托3部分的石油醚提取物分别检测出了36、46、31种成分, 脂肪酸分别占检出总量的86.15%、84.03%、86.42%, 不饱和脂肪酸分别占脂肪酸总检出量的56.00%、65.79%、63.40%。结论: 从竹荪属菌盖、子实体的提取物中检出全顺式-10,12-十六碳二烯醛、从竹荪属菌盖的提取物中检出全顺式-9,12,15-十八碳三烯酸。

**关键词:**长裙竹荪; 石油醚提取物; 气质联用仪

## Comparisons of Petroleum Ether Extracts of Three Parts of *Dictyophora indusiata*

LI Lu<sup>1,2</sup>, LÜ Yu<sup>1</sup>, TANG Hong-min<sup>1,2,\*</sup>

(1. College of Chemistry and Environmental Science, Guizhou Minzu University, Guiyang 550025, China;

2. Guizhou Institute of Ethnic Medicine, Guizhou Minzu University, Guiyang 550025, China)

**Abstract:** Purpose: This study aimed to compare petroleum ether extracts of the pileus, carpophore and volva of *Dictyophora indusiata*. Methods: The volatile components of the pileus, carpophore and volva of *Dictyophora indusiata* were extracted with petroleum ether at room temperature (25–30 °C), and identified by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). The GC column used was HP-Innowax. Results: A total of seventy components were identified from the three petroleum ether extracts of *Dictyophora indusiata*, among which, thirty-two are first identified from the genus *Dictyophora*. Thirty-six, forty-seven and thirty-one compounds were identified from the pileus, carpophore and volva, respectively, with fatty acids accounting for 86.15%, 84.03% and 86.42% of the total amounts of detectable compounds, respectively, and unsaturated fatty acid accounting for 56.00%, 65.79%, and 63.40% of the total amount of fatty acids, respectively. Conclusions: Z,Z-10,12-hexadecadienal is detected from the pileus and carpophore of *Dictyophora indusiata* for the first time, and 9,12,15-octadecatrienoic acid, (Z,Z,Z) is detected from the pileus of *Dictyophora indusiata* for the first time.

**Key words:** *Dictyophora indusiata*; petroleum ether extract; gas chromatography-mass spectrometry

中图分类号: Q501

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2014)06-0073-05

doi:10.7506/spkx1002-6630-201406015

竹荪是对整个竹荪属 (*Dictyophora* Desv) 的总称, 隶属于真菌门、担子菌亚门、腹菌纲、鬼笔目、鬼笔科, 是当今世界上名贵的食用菌之一<sup>[1]</sup>。竹荪含有19种氨基酸, 以及多种维生素和有益人体健康的微量元素, 是一种全营养、纯天然食品<sup>[2]</sup>。我国的野生竹荪主要有长裙竹荪、短裙竹荪、黄裙竹荪、朱红竹荪、红托竹荪、皱盖竹荪和棘托竹荪7种, 主要分布贵州、云南、四川等少数民族地区<sup>[3]</sup>。竹荪不仅营养丰富、味道鲜美, 且具有许多药用功效。

在一些少数民族地区, 竹荪还可作为药用, 如云南省的苗族人民有将竹荪和糯米一同泡水喝的习惯, 用以治疗伤症、病弱和咳嗽, 并有止痛、补气的作用; 贵州民间将竹荪用于治痢疾。同时, 它对细菌性肠炎及白血症也有一定疗效<sup>[4]</sup>。另外, 在煮熟的菜肴中, 只要加入竹荪, 便可保存较长时间而不致腐败变质<sup>[5]</sup>。但现阶段, 我国竹荪的经济价值仍只体现在食用上。

目前, 对竹荪的研究主要集中在有机物提取、分离、鉴定及抑菌作用<sup>[5-24]</sup>、抗氧化、降血脂、提高免疫

收稿日期: 2013-06-17

基金项目: 国家自然科学基金地区科学基金项目(31160013); 贵州民族大学校科研基金项目(2013089)

作者简介: 黎璐(1989—), 女, 硕士研究生, 研究方向为民族医药。E-mail: 519264461@qq.com

\*通信作者: 汤洪敏(1969—), 女, 教授, 博士, 研究方向为生物化学与分子生物学。E-mail: tanghm@gzmu.edu.cn

力等多种功能活性分析<sup>[25-30]</sup>、多糖、糖蛋白、凝集素的提取、纯化、鉴定及生化特性等方面<sup>[31-36]</sup>。黄明泉等<sup>[8]</sup>用同时蒸馏萃取-气质联用法分析了竹荪干品的挥发性成分,用乙醚和二氯甲烷萃取竹荪干品,分别鉴定出99种和76种成分,其中醛类23个、酮类19个、醇类16个、酚类4个、酯类11个、酸类11个、烃类34个、其他类20个。陈曦等<sup>[9]</sup>通过同时蒸馏萃取-气质联用法分析了长裙竹荪干品的挥发性成分,以二氯甲烷萃取,共鉴定出70种化合物,包括醇类5种、酚类4种、醛类10种、杂环类17种、酮类13种、烃类12种、酸类5种、酯类4种。檀东飞等<sup>[15-20]</sup>用水蒸气蒸馏法及石油醚萃取,分别从菌盖中鉴定出41种和30种成分;从棘托竹荪子实体样品中鉴定出35种和37种成分;从菌托中鉴定出41种和20种成分;3部分提取物的抑菌效果均是挥发油大于石油醚提取物。何作顺等<sup>[27]</sup>采用微核试验方法观察竹荪提取液对环磷酰胺诱发小鼠胸骨、股骨骨髓嗜多染红细胞微核的作用,表明竹荪提取液具有一定的抗诱变作用。林玉满等<sup>[36]</sup>对棘托竹荪子实体进行抽提等步骤后得到棘托竹荪凝集素,研究表明该凝集素对供试的4种血型人血和6种动物血的红细胞具有凝集作用。虽然目前对竹荪上述功能研究有一定进展,但目前仍然只停留在子实体上,长裙竹荪的菌盖、菌托约占全株鲜质量的50%,在采摘后被废弃,造成资源的极大浪费。加之黔产野生长裙竹荪鲜品菌盖、子实体、菌托3部分的对比性研究尚未见诸报道,本实验对黔产长裙竹荪鲜品的菌盖、子实体、菌托3部分石油醚成分进行比较研究,研究结果拟为寻找黔产长裙竹荪菌盖、菌托的利用价值、拓展黔产长裙竹荪的合理利用提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

长裙竹荪 (*Dictyophora indusiata*) 鲜品购于贵州安顺某种植基地,菌种来源为当地野生种转化的人工种植品种,经本课题组汤洪敏教授鉴定为长裙竹荪。石油醚(分析纯,沸程60~90℃) 成都金山化学试剂有限公司。

### 1.2 仪器与设备

BM252C搅拌机 广州美的精品电器制造有限公司; KQ-1000超声波清洗器 昆山市超声仪器有限公司; RE-52AA旋转蒸发器 上海亚荣生化仪器厂; 6890A-5975C气相色谱-质谱联用仪、HP-Innowax毛细管柱 安捷伦科技有限公司。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 提取

长裙竹荪菌盖、子实体、菌托各30g,用搅拌器粉碎,用适量石油醚常温浸提3次后于超声波提取器中进行

超声提取,减压浓缩得石油醚提取物。

#### 1.3.2 化学成分的分离与鉴定

用少量石油醚溶解所得石油醚提取物,用过滤用针筒抽取1 mL,置于进样瓶中进样,气相色谱-质谱联用仪分析,通过NIST 08谱库对个组分的质谱数据进行检索,确定各组分,含量用气相色谱峰面积归一化法计算。

#### 1.3.3 气相色谱条件

色谱柱HP-Innowax极性柱(30 m×0.32 mm, 0.25 μm),进样口温度240℃,柱箱温度260℃,采用程序升温:60℃保持2 min,以5℃/min升至150℃,保持4 min,以8℃/min升至240℃,保持30 min,柱流量2.0 mL/min,进样量1.0 μL,分流比10:1。

#### 1.3.4 质谱条件

电子电离(electron ionization, EI)源,电子能量70 eV,离子源温度250℃,四极杆温度150℃,溶剂延迟3 min,质量扫描范围 $m/z$  50~500。

## 2 结果与分析

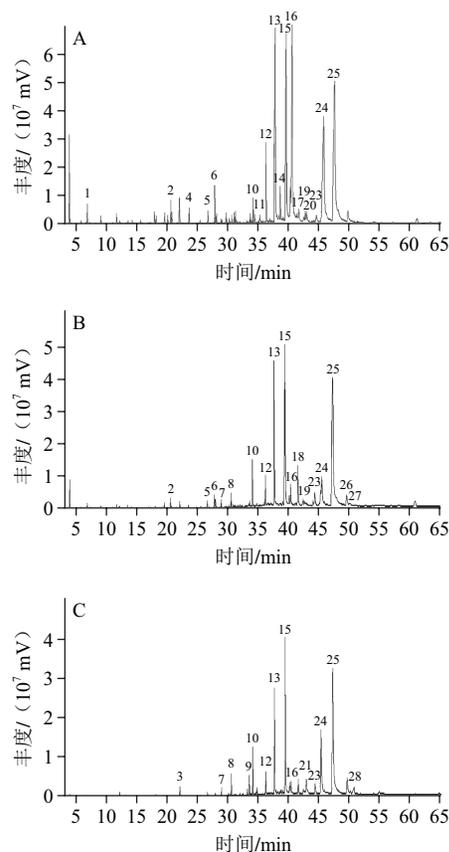


图1 长裙竹荪子实体(A)、菌盖(B)、菌托(C)3部分石油醚提取物气相色谱对比图

Fig.1 GC chromatograms of petroleum ether extracts from the three parts of *Dictyophora indusiata*

表1 长裙竹荪3部分石油醚提取物化学成分鉴定表  
Table 1 Chemical compositions of petroleum ether extracts from the three parts of *Dictyophora indusiata*

分类	序号	保留时间/min	化学成分	相对峰面积/%			风味物质	与图1对应编号	
				菌盖	子实体	菌托			
醛 (8个)	1	5.852	庚醛 heptanal	0.05	0.07		是		
	2	6.599	反式-2-己烯醛 2-hexenal, (E)-		0.05		是	2	
	3	20.571	全反式-2,4-癸二烯醛 2,4-decadienal, (E,E)-	0.44	0.50				
	4	30.431	十四醛 tetradecanal	0.04			是		
	5	30.431	十六醛 hexadecanal			0.14	是		
	6	35.178	2-十七碳烯醛 2-heptadecenal	0.05					
	7	41.305	4-(羟甲基)-环己基甲醛* cyclohexanecarboxaldehyde, 4-(hydroxymethyl)			0.14			
	8	41.305	全顺式-10,12-十六碳二烯醛* Z,Z-10,12-hexadecadienal		0.46		是	17	
杂环化合物 (3个)	9	6.840	2-正戊基呋喃 furan, 2-pentyl-	0.19	0.41		是	1	
	10	19.052	萘* naphthalene		0.02		是		
	11	21.613	2-甲基萘 naphthalene, 2-methyl-		0.05		是		
醇 (3个)	12	12.189	1-辛烯-3-醇 1-octen-3-ol			0.23	是		
	13	23.589	苯乙醇 phenylethyl alcohol	0.21	0.50		是	4	
	14	28.836	$\alpha,\alpha,5$ -三甲基-5-(对甲基-3-环己基)-四氢糠醇* tetrahydro-furan-2-ol, $\alpha,\alpha,5$ -methyl-5-(6-methyl-3-cyclohexenyl)		0.09				
酮 (1个)	15	15.685	2-十一烷酮 2-undecanone		0.03				
酚 (1个)	16	26.360	2-甲酚 phenol, 2-methyl-		0.03				
烃类 (7个)	17	12.989	正十五烷* pentadecane		0.02				
	烷烃 (5个)	18	35.903	二十一烷 heneicosane	0.13				
		19	32.428	二十四烷* tetracosane	0.10		0.07		
		20	33.647	二十五烷 pentacosane			0.09		
		21	37.165	二十八烷* octacosane	0.29				
		22	32.417	顺-8-十六碳烯* Z-8-hexadecene		0.01			
	炔烃 (1个)	23	42.910	9-二十烷炔* 9-eicosyne		0.66			20
24	14.187	壬酸乙酯* nonanoic acid, ethyl ester	0.03			是			
25	20.067	苯乙酸乙酯* benzenoacetic acid, ethyl ester		0.18					
26	22.585	苯丙酸乙酯* benzenepropanoic acid, ethyl ester		0.03					
27	26.682	丙位壬内酯* 2(3H)-furanone, dihydro-5-pentyl-	0.34	0.29	0.22	是	5		
28	28.981	十五酸乙酯 pentadecanoic acid, ethyl ester	0.30	0.08	0.39		7		
29	30.055	十六酸乙酯 hexadecanoic acid, ethyl ester	0.59	0.17	1.05	是	8		
30	31.199	9-十六碳烯酸乙酯 ethyl 9-hexadecenoate	0.06	0.19	0.15	是			
31	32.020	十七酸乙酯* heptadecanoic acid, ethyl ester	0.15		0.10				
32	33.073	丁位十二内酯* 2H-pyran-2-one, 6-heptyltetrahydro		0.04		是			
33	33.298	十八酸乙酯* octadecanoic acid, ethyl ester	0.08		0.11	是			
34	33.551	十八烯酸乙酯* ethyl oleate	0.36	0.21	0.91	是	9		
35	33.024	全反式-9,12-十八碳二烯酸甲酯* 9,12-octadecadienoic acid, methyl ester, (E,E)-	0.05						
酯 (20个)	36	33.749	全顺式-9,12-十八碳二烯酸甲酯* 9,12-octadecadienoic acid (Z,Z)-, methyl ester	0.03	0.05	0.09			
	37	34.136	全顺式-9,12-十八碳二烯酸乙酯 linoleic acid ethyl ester	1.75	0.40	2.08		10	
	38	34.566	全顺式-13,16-二十碳二烯酸甲酯* cis-13,16-docasadienoic acid, methyl ester			0.11			
	39	36.117	邻苯二甲酸二异丁酯 1,2-benzenedicarboxylic acid, butyl 2-methylpropyl ester		0.03				
	40	38.770	全顺式-9,12,15-十八碳三烯酸甲酯 9,12,15-octadecatrienoic acid, methyl ester, (Z,Z,Z)-	0.12	0.07	1.03			
	41	38.856	顺,顺,反-6,9,11-十八碳三烯酸甲酯 methyl 6-cis,9-cis,11-trans-octadecatrienoate	0.10					
	42	44.130	9,12-十六碳二烯酸甲酯 9,12-hexadecadienoic acid, methyl ester	0.52				22	
	43	50.187	全顺式-9,12,15-十八碳三烯酸-2,3-二羟基丙酯* 9,12,15-octadecatrienoic acid, 2,3-dihydroxypropyl ester, (Z,Z,Z)-			0.73		28	

续表1

分类	序号	保留时间/min	化学成分	相对峰面积/%			风味物质	与图1对应编号
				菌盖	子实体	菌托		
芳香族羧酸 (1个)	44	35.194	苯乙酸 benzeneacetic acid		0.34			11
	45	19.487	戊酸 pentanoic acid		0.04		是	
	46	22.097	己酸 hexanoic acid			0.75	是	3
	47	25.469	庚酸 heptanoic acid	0.04	0.11		是	
	48	27.837	辛酸 octanoic acid	0.63	0.91	0.16		6
饱和 (13个)	49	29.743	壬酸 nonanoic acid			0.03		
	50	31.258	癸酸 n-decanoic acid		0.12			
	51	33.894	十二烷酸 dodecanoic acid		0.05		是	
	52	35.097	十三烷酸 tridecanoic acid	0.04	0.02	0.13		
	53	36.263	十四烷酸 tetradecanoic acid	1.44	2.00	1.16	是	12
	54	37.691	十五烷酸 pentadecanoic acid	11.51	10.32	8.48		13
	55	39.468	十六烷酸 n-hexadecanoic acid	18.09	14.58	17.40	是	15
	56	41.600	十七烷酸 heptadecanoic acid	4.08		1.60		18
	57	43.093	十八烷酸 octadecanoic acid	2.02	0.56	1.62		23
	脂肪族羧酸 (25个)	58	31.671	2-壬烯酸* 2-nonenoic acid		0.03		
59		36.880	9-十四碳烯酸* myristoleic acid		0.15			
60		37.100	顺-11-十四碳烯酸* Z-11-tetradecenoic acid		0.09			
61		38.561	顺-14-十五碳烯酸* 14-pentadecenoic acid		1.15			14
62		38.620	顺-9-十八碳烯酸 oleic acid	0.21	0.05	0.20		
63		40.199	顺-9-十六碳烯酸 cis-9-hexadecenoic acid	2.54	18.08	5.57		16
64		42.465	顺-10-十七碳烯酸 cis-10-heptadecenoic acid	1.09	0.91	0.72		19
65		42.932	顺-13-二十碳烯酸* cis-13-eicosenoic acid			2.25		21
66		45.370	顺-11-十八碳烯酸* cis-vaccenic acid	5.62	13.48	12.54		24
67		49.661	顺-10-十九碳烯酸* cis-10-nonadecenoic acid	1.85				26
二不饱和 (1个)	68	47.368	全顺式-9,12-十八碳二烯酸 9,12-octadecadienoic acid (Z,Z)-	36.58	21.40	33.81		25
三不饱和 (1个)	69	50.149	全顺式-9,12,15-十八碳三烯酸* 9,12,15-octadecatrienoic acid, (Z,Z,Z)-	0.41				27

注: \*, 首次检出物质。

表2 长裙竹荪3部分石油醚提取物化学成分类别及其含量

Table 2 Contents of different groups of compounds detected from petroleum ether extracts from the three parts of *Dictyophora indusiata*

%

部位	饱和脂肪酸	单不饱和脂肪酸	二不饱和脂肪酸	三不饱和脂肪酸	酯类	烃类	醇类	杂环类化合物	醛类	酮类	酚类	芳香烃类	芳香族羧酸
菌盖	37.85	11.31	36.58	0.41	4.48	0.52	0.21	0.19	0.58				
子实体	28.71	34.94	21.40		1.74	0.69	0.59	0.48	1.08	0.03	0.03	0.07	0.34
菌托	31.33	21.28	33.81		6.97	0.16	0.23		0.28				

从图1、表1可知, 黔产长裙竹荪的石油醚提取物中, 共有69种成分被检出; 菌盖、子实体、菌托3部分的石油醚提取物分别检测出了36、46、31种成分, 各检出量分别占其总量的92.13%、89.03%、94.06%。其中32种成分从竹荪属中检出。

根据表2所示, 黔产长裙竹荪3部分石油醚提取物中脂肪酸占检出总量的比例分别为86.15%、84.05%、86.42%; 酯类所占比例分别为4.48%、1.74%、6.97%。

### 3 讨论与结论

对黔产长裙竹荪的菌盖、子实体、菌托3部分的石油醚提取物进行化学成分对比性研究。共检出的70种化学成分中有32种从竹荪属中鉴定出来的物质, 尚未见其

他文献报道。从菌盖中分离鉴定出38种成分中, 12种从竹荪属中分离鉴定出来; 从子实体中分离鉴定出46种成分, 其中17种从竹荪属中分离鉴定出来; 从菌托中分离鉴定出32种成分, 其中11种从竹荪属中分离鉴定出来<sup>[7-11, 14-20]</sup>, 各检出量分别占其总量的92.13%、89.03%、94.06%。黔产长裙竹荪3部分石油醚提取物中脂肪酸占检出总量的比例分别为: 86.15%、84.05%、86.42%, 其中不饱和脂肪酸分别占脂肪酸总检出量的56.07%、65.84%、63.75%。不饱和脂肪酸, 在人体内不饱和脂肪酸, 特别是全顺式-9,12-十八碳二烯酸(亚油酸)可促进饱和脂肪酸及由其所衍生的脂类、胆甾醇等在血液中的运行, 以减少沉积在血管壁上的可能性, 达到防止动脉硬化的目的<sup>[37]</sup>。需要特别关注的是, 从竹荪属的提取物中检出了全顺式-10,12-十六碳二烯醛, 该成分在子实体

的石油醚提取物中被检出,据文献[38]报道,全反式-10,12-十六碳二烯醛是雌性棉斑实蛾的费洛蒙中的一种成分,且该成分对雄性棉斑实蛾有吸引作用,全顺式-10,12-十六碳二烯醛有待进一步研究;从竹荪属的提取物中检出了全顺式-9,12,15-十八碳三烯酸( $\alpha$ -亚麻酸),该成分在菌盖的石油醚提取物中被检出,百分比含量为0.41%,据文献[39]报道, $\alpha$ -亚麻酸能有效降低高血脂小白鼠血清中的总胆固醇水平、甘油三酯和低密度脂蛋白胆固醇水平,提高高密度脂蛋白胆固醇水平,能使血浆致动脉硬化指数降低,对小白鼠的高血脂症和动脉硬化有明显的抑制作用。

黔产长裙竹荪3部分石油醚提取物的化学成分类别及其含量存在一定的差异,子实体的检出化学成分多且丰度大,菌托检出化学成分少且丰度小。

在提取物中,可能对长裙竹荪菌盖风味有贡献的有醛类、醇类、酯类、有机酸类、杂环化合物;可能对长裙竹荪子实体风味有贡献的有醛类、醇类、酚类、酮类、酯类、有机酸类、杂环化合物;可能对长裙竹荪菌托风味有贡献的有醛类、醇类、酯类、有机酸类(表1)。这些具有香气的挥发性成分可能构成了长裙竹荪菌盖、子实体、菌托的特殊风味。本实验首检物种有12种酯类化合物,它们对竹荪风味的形成等,有待进一步研究。

#### 参考文献:

- 1] 卯小岚. 中国大型真菌[M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 2000: 521-560.
- 2] 暴增海, 马桂珍. 我国的竹荪资源及其开发利用[J]. 资源科学, 1994(3): 68-71.
- 3] 徐锦堂. 中国药用真菌学[M]. 北京: 北京医科大学, 中国协和医科大学联合出版社, 1997: 756.
- 4] 朱利泉, 邓艳霞. 竹荪的研究与利用[J]. 中国野生植物资源, 2000, 19(3): 21-23.
- 5] 谭敬军, 胡亚平. 竹荪抑菌作用研究[J]. 食品科学, 2000, 21(10): 54-56.
- 6] 车宗伶. 竹荪中弱极性或非极性有机物的提取、分离和鉴定[J]. 天然产物研究与开发, 1996, 8(4): 51-56.
- 7] 车宗伶, 李青. 竹荪干品中的香气成份的测定[J]. 中国食用菌, 1997, 16(4): 37.
- 8] 黄明泉, 田红玉, 孙宝国. 同时蒸馏萃取-气质联用分析竹荪挥发性成分[J]. 食品科学, 2011, 32(2): 205-212.
- 9] 陈曦, 黄明泉, 孙宝国, 等. 同时蒸馏萃取-气相色谱-质谱联用分析长裙竹荪挥发性成分[J]. 食品科学, 2012, 33(14): 129-135.
- 10] 邹青青, 黄明泉, 孙宝国, 等. 同时蒸馏萃取结合GC-MS分析红托竹荪挥发性成分[J]. 食品工业科技, 2011, 32(10): 425-430.
- 11] 杨颖, 程俊侠, 王军, 等. 红托竹荪化学成分的分离和鉴定[J]. 陕西师范大学学报: 自然科学版, 2012, 40(5): 101-103.
- 12] ISHIYAMA D, FUKUSHI Y, OHNISHI-KAMEYAMA M, et al. Monoterpene-alcohols from a mushroom *Dictyophora indusiata*[J]. Phytochemistry, 1999, 50(6): 1053-1056.
- 13] MAU J L, LIN H C, MA J T, et al. Non-volatile taste components of several specialty mushrooms[J]. Food Chemistry, 2001, 73(4): 461-466.
- 14] 罗盛莲, 游霞, 丁聪聪, 等. 长裙竹荪和棘托竹荪的抑菌作用及其化学成分研究[J]. 食品工业科技, 2012, 33(21): 70-73.
- 15] 檀东飞, 吴若菁, 梁鸣, 等. 棘托竹荪挥发油化学成分及抑菌作用的研究[J]. 菌物系统, 2002, 21(2): 228-233.
- 16] 檀东飞, 黄儒珠, 卢真, 等. 棘托竹荪菌托的化学成分及抑菌活性研究: I [J]. 菌物学报, 2006, 25(4): 603-610.
- 17] 檀东飞, 黄儒珠, 卢真, 等. 棘托竹荪菌盖的化学成分及抑菌作用研究: II [J]. 微生物学杂志, 2007, 27(6): 8-12.
- 18] 檀东飞, 梁鸣, 吴若菁, 等. 棘托竹荪乙酸乙酯提取物的化学成分研究[J]. 天然产物研究与开发, 2003, 15(1): 34-37.
- 19] 檀东飞, 杜峥辉, 吴若菁, 等. 棘托竹荪正己烷提取物的抑菌作用研究[J]. 海峡药学, 2003, 15(1): 61-63.
- 20] 檀东飞, 黄儒珠, 卢真, 等. 棘托竹荪子实体鲜品的化学成分及抑菌活性研究[J]. 福建师范大学学报: 自然科学版, 2010, 26(2): 100-105.
- 21] LU Huini, PANG Yingjie, ZHAO Yong, et al. Antimicrobial effect of *Dictyophora indusiata* Fisscher fruitbody[J]. Nature Product Research and Development, 2011, 23(2): 324-327.
- 22] 韩慧, 张刚, 郝景雯. 长裙竹荪抑菌作用研究[J]. 食品研究与开发, 2008, 29(5): 127-130.
- 23] 郝景雯, 贾士儒. 长裙竹荪乙醇提取物与水提取物抑菌作用研究[J]. 食品研究与开发, 2010, 31(10): 8-11.
- 24] 郝景雯, 张刚, 韩慧. 长裙竹荪乙醇提取工艺及抑菌作用研究[J]. 食品工业科技, 2008, 29(10): 123-126.
- 25] MAU J L, LIN H C, SONG S F. Antioxidant properties of several specialty mushrooms[J]. Food Research International, 2002, 35(6): 519-526.
- 26] 蔡美珠, 唐礴, 郭玉兰. 竹荪托盖液对小鼠肝、肾功能的影响[J]. 医学理论与实践, 2004, 17(5): 497-498.
- 27] 何作顺, 宋正蕊, 杨廷仕. 竹荪提取液抗环磷酰胺诱发小鼠的微核效应[J]. 中国公共卫生, 2004, 20(1): 52-53.
- 28] 罗鹏, 张爱华, 吴应宽, 等. 竹荪提取液对砷中毒大鼠血细胞参数的影响[J]. 贵阳医学院学报, 2009, 34(6): 629-631.
- 29] 熊彬, 郭渝兰, 唐礴. 竹荪托盖液对<sup>60</sup>Co照射大鼠免疫功能影响的实验研究[J]. 中国现代医学杂志, 2006, 16(3): 365-367.
- 30] 林海红, 林浪, 陈碧. 长裙竹荪对大鼠血脂的影响[J]. 福建农业大学学报, 2000, 29(2): 238-241.
- 31] 林玉满, 苏爱华. 短裙竹荪凝集素纯化与生化性质[J]. 中国生物化学与分子生物学报, 2005, 21(1): 101-107.
- 32] 杨海龙, 李伟. 短裙竹荪多糖清除O<sub>2</sub><sup>·-</sup>及对人红细胞膜自由基氧化的影响[J]. 科技通报, 2000, 16(5): 371-373.
- 33] 林玉满. 短裙竹荪菌丝体多糖DdM-S提取及其性质[J]. 中国食用菌, 2004, 22(6): 52-53.
- 34] 林玉满, 余萍. 短裙竹荪菌丝体糖蛋白DdGP-3P3纯化及性质研究[J]. 福建师范大学学报: 自然科学版, 2003, 19(1): 91-94.
- 35] 连宾, 郁建平. 红托竹荪多糖的提取分离及组成研究[J]. 食品科学, 2004, 25(3): 43-45.
- 36] 林玉满, 苏爱华. 棘托竹荪凝集素的纯化及其生化特性[J]. 植物资源与环境学报, 2004, 13(3): 1-6.
- 37] 林启寿. 中草药成分化学[M]. 北京: 科学出版社, 1977: 573-598.
- 38] KEHAT M, GOTHILF S, DUNKELBLUM E, et al. Field evaluation of (*E,E*)-10,12-hexadecadienal, a component of the female sex pheromone of the spiny bollworm, *Earias insulana* (Boisd.) (Lepidoptera, Noctuidae)[J]. Phytoparasitica, 1979, 7(2): 99-100.
- 39] 林非凡, 谭竹钧. 亚麻籽油中 $\alpha$ -亚麻酸降血脂功能研究[J]. 中国油脂, 2012, 37(9): 44-47.