

·中药制剂与分析·

本文引用:宛玉祥,陈林,唐雪阳,沈冰冰,黄惠勇,张水寒.雪峰虫草乙酸乙酯及石油醚部位的GC-MS分析[J].湖南中医药大学学报,2017,37(11):1209-1213.

雪峰虫草乙酸乙酯及石油醚部位的GC-MS分析

宛玉祥¹,陈林^{1,2},唐雪阳¹,沈冰冰¹,黄惠勇³,张水寒^{1,2,4*}

(1.湖南省中医药研究院,湖南长沙410013;2.湖南省中药原料质量监测技术服务中心,湖南长沙410013;3.湖南中医药大学,湖南长沙410208;4.湖南省2011数字中医药协同创新中心,湖南长沙410208)

[摘要] 目的 利用GC-MS分析技术鉴定雪峰虫草中的挥发性成分。方法 采用Rxi-5MS(30 m×0.25 mm, 0.25 μm)弹性石英毛细管柱;以高纯He气(纯度99.999%)为载气,进行程序升温;质谱定性以EI电离方式采集数据;根据NIST质谱数据库推测雪峰虫草的物质成分。结果 分别从雪峰虫草的石油醚部位中鉴定了44个化合物;从雪峰虫草的乙酸乙酯部位中鉴定了28个化合物。两部位的主要化合物类型为酸类、酯类以及甾醇类,石油醚和乙酸乙酯部位的相对含量分别占78.5%和77.36%。结论 首次采用GC-MS方法对雪峰虫草两部位的挥发性成分进行对比分析,以期对雪峰虫草的物质基础研究提供参考。

[关键词] GC-MS;雪峰虫草;甾醇类化合物

[中图分类号]R284.1 **[文献标志码]**A **[文章编号]**doi:10.3969/j.issn.1674-070X.2017.11.010

GC-MS Analysis of Ethyl Acetate and Petroleum Ether Extract from *Ophiocordyceps xuefengensis*

WAN Yuxiang¹, CHEN Lin^{1,2}, TANG Xueyang¹, SHEN Bingbing¹, HUANG Huiyong³, ZHANG Shuihan^{1,2,4*}

(1. Hunan Academy of Chinese Medicine, Changsha, Hunan 410013, China; 2. Hunan Chinese Medicine Raw Material Quality Monitoring Technology Service Center, Changsha, Hunan 410013, China; 3. Hunan University of Chinese Medicine, Changsha, Hunan 410208, China; 4. 2011 Collaboration and Innovation Center for Digital Chinese Medicine in Hunan, Changsha, Hunan 410208, China)

[Abstract] **Objective** To identify the volatile constituents from *Ophiocordyceps xuefengensis* by GC-MS. **Methods** The separation was performed on a Rxi-5MS (30 m×0.25 mm, 0.25 μm) with high purity He gas (purity 99.999%) by temperature programmed chromatograph. Electron Ionization EI source was applied. The structure of material composition was speculated by the Mass spectrometry database (NIST). **Results** 44 compounds were elucidated from the petroleum ether portion of *Ophiocordyceps xuefengensis*, 28 compounds were elucidated from the ethyl acetate portion of *Ophiocordyceps xuefengensis*. The main compounds of the two parts were acids, esters, sterols, of which relative content were 78.5% and 77.36%, respectively. **Conclusion** The volatile constituents of two parts from *Ophiocordyceps xuefengensis* firstly by GC-MS were compared. It may provide scientific evidence for pharmacodynamic material basis in this plants.

[Keywords] GC-MS; *Ophiocordyceps xuefengensis*; sterol compounds

雪峰虫草是线虫草菌科真菌雪峰虫草菌(*Ophiocordyceps xuefengensis*)寄生在蝙蝠蛾科昆虫幼虫上的子座和幼虫尸体的干燥复合体,同时也是新的虫草类药用资源,经鉴定是目前同属真菌中与冬虫夏草亲缘关系最近的一个种^[1]。前期本团队

对雪峰虫草不同萃取部位的体外抗肿瘤实验研究发现雪峰虫草石油醚部位和乙酸乙酯部位均对NB4细胞有抑制作用。本研究以雪峰虫草石油醚部位和乙酸乙酯部位为研究对象,通过GC-MS检测手段对雪峰虫草有效部位的挥发性成分进行分析。

[收稿日期]2017-05-17

[基金项目]国家自然科学基金面上项目(81673585);湖南省科技重大专项(2014FJ1007);湖南省自然科学基金(2016JJ4055)。

[作者简介]宛玉祥,男,硕士,研究方向:中药制剂中药分析。

[通讯作者]*张水寒,女,博士,教授,博士研究生导师,E-mail:zhangshuihan0220@126.com。

旨在研究雪峰虫草抗肿瘤部位化学成分,并为雪峰虫草后续物质基础研究提供实验依据。

1 仪器与材料

1.1 仪器

2010 plus 气相色谱-质谱联用仪(日本岛津集团);LGJ-10型冻干机(北京松源华兴科技发展有限公司);Rxi-5MS(30 m×0.25 mm, 0.25 μm)弹性石英毛细管柱(日本岛津集团);NIST 质谱数据库。

1.2 材料

雪峰虫草 *Ophiocordyceps xuefengensis* sp. nov., 采自湖南省洞口县,经湖南省中医药研究院朱如彩研究员与刘浩助理研究员共同鉴定为正品;娃哈哈纯净水(湖南长沙娃哈哈饮料有限公司);石油醚(60~90 °C,分析纯,天津中和盛泰化工有限公司)。

2 方法与结果

2.1 供试品溶液的制备

取雪峰虫草粉末(过三号筛)150 g,精密称定,置2 000 mL圆底烧瓶,加入8倍量蒸馏水回流提取两次,首次2.5 h,第二次1.5 h,过滤,弃去滤液;残渣加6倍量75%乙醇回流提取两次,首次2.5 h,第二次1.5 h,滤过,收集滤液,减压浓缩至200 mL。浓缩滤液用等体积石油醚连续多次萃取,至石油醚层近无色,合并萃取液,减压浓缩至约50 mL,转移至玻璃培养皿中,至冷冻干燥机中干燥24 h,即得雪峰虫草石油醚粗提冻干粉。经石油醚萃取过的浓缩滤液用等体积乙酸乙酯连续多次萃取,至乙酸乙酯层近无色,合并萃取液,减压浓缩至约50 mL,转移至玻璃培养皿中,至冷冻干燥机中干燥24 h,即得雪峰虫草乙酸乙酯粗提冻干粉。

取雪峰虫草石油醚粗提冻干粉约0.01 g,精密称定,正己烷定容至10 mL,必要时超声处理。石油醚供试品溶液以0.45 μm微孔滤膜滤过,取续滤液,即得。

取雪峰虫草乙酸乙酯粗提冻干粉约0.01 g,精密称定,乙酸乙酯定容至10 mL,必要时超声处理。乙酸乙酯供试品溶液以0.45 μm微孔滤膜滤过,取续滤液,即得。

2.2 气质联用分析条件

2.2.1 石油醚气质联用条件 Rxi-5MS(30 m×0.25 mm,

0.25 μm)弹性石英毛细管柱,升温程序:初始温度160 °C,保持2 min,以4 °C/min升温至170 °C,保持5 min;以1 °C/min升温至185 °C,保持10 min;以4 °C/min升温至210 °C;保持2 min,以4 °C/min升温至260 °C,保持5 min;以1 °C/min升温至280 °C;保持2 min;进样口温度230 °C;载气为高纯He气(纯度99.999%);柱流量1.0 mL/min;进样分流比30:1。电离方式EI;电子能量70 eV;离子源温度230 °C;接口温度250 °C;四极杆温度150 °C;全扫描采集模式;扫描质量范围m/z10~500。

2.2.2 乙酸乙酯气质联用条件 Rxi-5MS(30 m×0.25 mm, 0.25 μm)弹性石英毛细管柱,升温程序:初始温度180 °C,保持2 min,以4 °C/min升温至200 °C,保持5 min;以3 °C/min升温至210 °C,保持5 min;以3 °C/min升温至260 °C;保持5 min,以3 °C/min升温至280 °C,保持5 min;进样口温度230 °C;载气为高纯He气(纯度99.999%);柱流量1.2 mL/min;进样分流比30:1。电离方式EI;电子能量70 eV;离子源温度230 °C;接口温度250 °C;四极杆温度150 °C;全扫描采集模式;扫描质量范围m/z10~500。

2.3 结果与分析

2.3.1 石油醚部位分析结果 对雪峰虫草石油醚部位进行GC-MS分析,见图1,通过NIST谱库检索分析所检出成分及结合相关文献报道^[2-3],并且核对标准质谱图,确定了44种化学成分,并用峰面积归一化法计算出各成分相对含量。结果见表1。

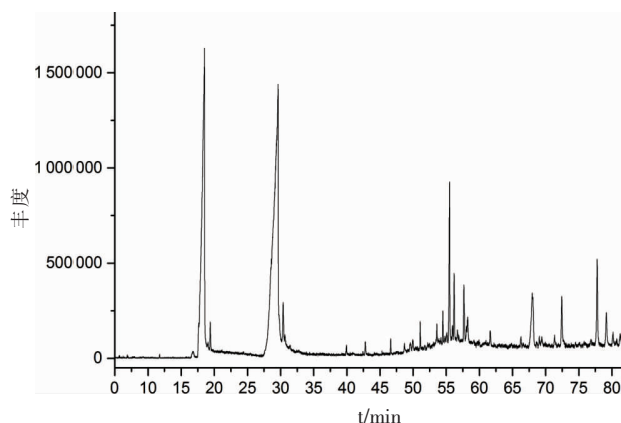


图1 雪峰虫草石油醚部位总离子流图

通过对检测出的44种化合物的类型数目和相对含量进行分析,结果雪峰虫草石油醚部位检测出的44个化合物,占总峰面积的86.15%。其中,各化合物类型的数目从大到小:酯(13)>酸(11)>烃(6)>甾

表 1 雪峰虫草石油醚部位 GC-MS 结果

序号	分子式	名称	化合物类型	相对含量/%	相似度
1	C ₁₅ H ₂₈ O	(2E,6E)-3,7,11-三甲基-2,6-十二碳二烯-1-醇 (2E,6E)-3,7,11-Trimethyl-2,6-dodecadien-1-ol	醇	0.12	82
2	C ₂₃ H ₃₂ O ₂	2,2'-亚甲基双-(4-甲基-6-叔丁基苯酚) 2,2-Methylenebis(6-Tert-Butyl-4-Methylphenol)	酚	0.50	86
3	C ₁₄ H ₁₀	菲 Phenanthrene	其他	0.12	82
4	C ₁₈ H ₃₅ ClO	油酰氯 Oleoyl Chloride	其他	1.40	82
5	C ₁₆ H ₃₀ O	顺-9-十六烯醛 Cis-9-Hexadecenal	醛	0.62	81
6	C ₁₂ H ₂₄ O ₂	正十二酸 Dodecanoic acid	酸	0.02	90
7	C ₁₄ H ₂₈ O ₂	十四酸 Tetradecanoic acid	酸	0.04	80
8	C ₁₅ H ₃₀ O ₂	正十五酸 Pentadecanoic acid	酸	2.44	91
9	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	十六酸甲酯 Methyl hexadecanoate	酸	0.48	84
10	C ₁₆ H ₃₀ O ₂	9-十六碳烯酸 9-Hexadecenoic acid	酸	8.76	82
11	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	十八烷酸 Vaccenic acid	酸	4.58	87
12	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	十六酸 Palmitic acid	酸	7.68	88
13	C ₁₈ H ₃₂ O ₂	亚油酸 Linoleic acid	酸	3.16	85
14	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	油酸 Oleic acid	酸	0.80	88
15	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	反油酸 Elaidic acid	酸	4.12	84
16	C ₁₅ H ₂₈ O ₂	14-十五碳烯酸 14-Pentadecenoic acid	酸	7.92	92
17	C ₁₆ H ₃₄	正十六烷 Hexadecane	烃	0.04	92
18	C ₂₁ H ₄₄	二十一烷 Heneicosane	烃	1.70	88
19	C ₂₄ H ₅₀	二十四烷 Tetracosane	烃	0.78	85
20	C ₃₆ H ₇₄	正三十六烷 hexatriacontane	烃	0.32	87
21	C ₄₀ H ₈₂	正四十烷 n-Tetracontane	烃	0.28	82
22	C ₃₀ H ₅₀	反式角鲨烯 Squalene	烃	0.30	83
23	C ₁₂ H ₁₂ O ₂	3-亚丁基-1(3H)-异苯并呋喃酮 3-Butylidene-3H-isobenzofuran-1-one	酮	0.04	92
24	C ₁₈ H ₃₅ NO	油酸酰胺 Oleamide	酰胺	1.80	92
25	C ₁₈ H ₃₇ NO	十八酰胺 Octadecamide	酰胺	1.20	83
26	C ₂₂ H ₄₃ NO	芥酸酰胺(Z)-docos-13-enamide	酰胺	0.28	81
27	C ₂₇ H ₄₆ O	胆固醇 cholesterol	甾醇	0.42	94
28	C ₂₉ H ₄₈ O ₂	(22E,24R)-5,8,22-三烯-3β-麦角甾醇 (22E,24R)-Ergosta-5,8,22-triene-3β-ol	甾醇	0.32	85
29	C ₂₈ H ₄₄ O	麦角甾醇 Ergosterol	甾醇	3.46	95
30	C ₂₈ H ₄₆ O	5,8-二烯-3β-麦角甾醇 Ergosta-5,8-dien-3β-ol	甾醇	1.20	88
31	C ₂₈ H ₄₀ O	4,6,8(14),22-四烯-3-麦角甾醇 Ergosta-4,6,8(14),22-tetraen-3-one	甾醇	0.30	82
32	C ₁₆ H ₂₂ O ₄	邻苯二甲酸二异丁酯 Diisobutyl phthalate	酯	0.04	83
33	C ₂₂ H ₄₄ O ₂	二十酸乙酯 Ethyl arachidate	酯	0.02	83
34	C ₁₆ H ₂₂ O ₄	邻苯二甲酸二丁酯 Dibutyl phthalate	酯	0.86	80
35	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	棕榈酸乙酯 Ethyl palmitoleate	酯	5.72	95
36	C ₂₂ H ₄₄ O ₄	十八酸-2-(2-羟乙氧基)乙基酯 Octadecanoic acid, 2-(2-hydroxyethoxy)ethyl ester	酯	3.84	89
37	C ₂₀ H ₃₆ O ₂	亚油酸乙酯 Ethyl linoleate	酯	13.4	95
38	C ₂₀ H ₃₈ O ₂	油酸乙酯 Ethyl oleate	酯	1.60	89
39	C ₂₀ H ₄₀ O ₂	十八酸乙酯 Ethyl stearate	酯	5.40	90
40	C ₁₉ H ₃₈ O ₄	2-棕榈酸单甘油酯 2-Monopalmitin	酯	0.32	82
41	C ₂₄ H ₃₈ O ₄	邻苯二甲酸二异辛酯 Diisooctyl phthalate	酯	0.6	80
42	C ₂₁ H ₃₈ O ₄	亚油酸单甘油酯 1-Linoleylglycerol	酯	0.16	87
43	C ₂₁ H ₄₀ O ₄	单油酸甘油酯 Glyceryl monooleate	酯	0.54	93
44	C ₂₁ H ₄₂ O ₄	单硬脂酸甘油酯 Glyceryl monostearate	酯	0.30	89

醇(5)>酰胺(3)>其它(2)>醛(1)=酮(1)=醇(1)=酚(1)。相对含量:酸(40.00%)>酯(32.80%)>甾醇(5.70%)>烃(3.42%)>酰胺(3.28%)>醇(0.12%)>酚(0.50%)>酮(0.04%)。

2.3.2 乙酸乙酯部位分析结果

对雪峰虫草乙酸乙酯部位进行 GC-MS 分析, 见图 2, 通过 NIST 谱库检索分析所检出成分, 并且核对标准质谱图, 确定了 28 种化学成分, 并用峰面积归一化法计算出各成分相对含量。结果见表 2。

雪峰虫草乙酸乙酯部位检测出 28 个化合物, 占总峰面积的 84.84%。其中, 各化合物类型的数目从大到小: 酯(9)>醇(4)>酸(3)=酰胺(3)=其它(3)>酮(2)=烃(2)>甾醇(1)=酚(1)。相对含量从大到小见

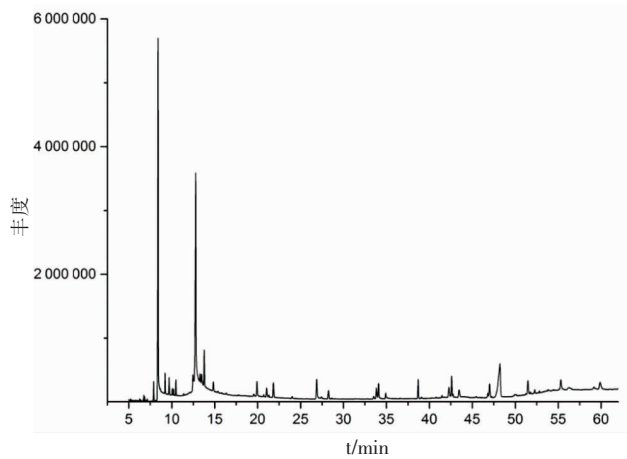


图 2 雪峰虫草乙酸乙酯部位总离子流图

图 6: 酸(60.32%)>酯(11.88%)>甾醇(5.16%)>酰胺(2.16%)>其它(1.98%)>醇(1.89%)>酚(0.84%)>酮

表 2 雪峰虫草乙酸乙酯部位 GC-MS 结果

序号	分子式	名称	化合物类型	相对含量/%	相似度
1	C ₁₆ H ₂₂ O ₄	邻苯二甲酸二异丁酯 Diisobutyl phthalate	酯	1.22	90
2	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	棕榈酸乙酯 Ethyl palmitate	酯	0.05	92
3	C ₂₀ H ₃₆ O ₂	亚油酸乙酯 Ethyl linoleate	酯	5.78	89
4	C ₂₀ H ₃₈ O ₂	油酸乙酯 Ethyl oleate	酯	3.02	94
5	C ₁₉ H ₃₈ O ₄	2-棕榈酰-RAC-甘油 2-Monohexadecanoylglycerol	酯	1.41	91
6	C ₁₆ H ₂₂ O ₄	邻苯二甲酸单乙基己基酯 Monobutylhexyl phthalate	酯	0.07	81
7	C ₁₀ H ₁₈ O ₂	丙位癸内酯 gamma-Decalactone	酯	0.01	81
8	C ₂₂ H ₃₈ O ₂	2-[[2-[(2-乙基环丙基)甲基]环丙基]甲基]环丙烷酸甲酯 2-[[2-[(2-Ethylcyclopropyl)methyl]cyclopropyl]methyl] cyclopropanoic acid methyl ester	酯	0.01	81
9	C ₁₉ H ₃₈ O ₄	1-棕榈酸单甘油酯 2-Monopalmitin	酯	0.31	83
10	C ₁₆ H ₃₄ O	十六烷醇 1-Hexadecanol	醇	1.38	92
11	C ₁₀ H ₁₈ O	3,6,6-三甲基双环[3.1.1]庚-2-醇 3,6,6-Trimethylbicyclo[3.1.1]heptan-2-ol	醇	0.48	80
12	C ₁₄ H ₃₀ O ₂	乙醛缩二己醇 ethylidenebis(oxy)dihexane	醇	0.01	80
13	C ₁₀ H ₂₀ O	2-甲基-6-亚甲基辛-2-醇 2-methyl-6-methyleneoctan-2-ol	醇	0.02	80
14	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	棕榈酸 Palmitic acid	酸	26.55	92
15	C ₁₈ H ₃₂ O ₂	亚油酸 Linoleic acid	酸	1.78	91
16	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	油酸 Oleic acid	酸	31.99	94
17	C ₁₆ H ₃₃ NO	十六碳酰胺 Hexadecyl amide	酰胺	1.91	92
18	C ₁₄ H ₂₉ NO	N,N-二甲基十二酰胺 N,N-dimethyldodecamide	酰胺	0.12	86
19	C ₁₈ H ₃₅ NO	油酸酰胺 Oleic acid amide	酰胺	0.13	91
20	C ₁₈ H ₃₄ O	(Z)-9-十八烯醛 Z-9-Octadecenal	酮	0.57	81
21	C ₉ H ₁₆ O	环己酮 Cyclohexanone	酮	0.01	82
22	C ₁₃ H ₂₈	2,4-二甲基十一烷 2,4-Dimethylundecane	烃	0.02	84
23	C ₃₀ H ₅₀	反式角鲨烯 Trans-squalene	烃	0.01	82
24	C ₂₈ H ₄₄ O	麦角甾醇 Ergosterol	甾醇	5.16	92
25	C ₂₃ H ₃₂ O ₂	2,2'-亚甲基双-(4-甲基-6-叔丁基苯酚) 2,2'-methylenebis(6-tert-butyl-4-methyl-phenol)	酚	0.84	95
26	C ₁₁ H ₁₈ N ₂ O ₂	环(亮氨酸脯氨酸)Cyclo(leucylprolyl)	其它	0.09	85
27	C ₁₈ H ₃₃ ClO	油酰氯 Oleoyl chloride	其它	0.65	89
28	C ₃₄ H ₅₆ N ₇ O ₅	α-谷氨酸 a-Ergosinine	其他	1.24	84

(0.58%)>烃(0.03%)。

3 讨论

本研究应用 GC-MS 技术分别对雪峰虫草石油醚和乙酸乙酯部位的化学成分类型及相对含量进行了分析,结果表明两部位的主要化合物类型为酸类、酯类以及甾醇类,相对含量分别占 78.50%和 77.36%。另外,雪峰虫草石油醚和乙酸乙酯部位的共有成分有 10 种,麦角甾醇在乙酸乙酯中的相对含量(5.16%)明显高于石油醚中的(3.46%)。在石油醚部位发现了 5 种甾醇类物质,其中 4 种为麦角甾醇及其衍生物,其中麦角甾醇相对含量为 3.46%,另有 3 种麦角甾醇的衍生物相对含量分别为(0.32%、1.20%、0.30%)。据相关报道,麦角甾醇具有抗肿瘤活性,是维生素 D 的前体,对 4 种癌细胞(B16 黑色素细胞瘤、MCF-7 乳腺癌细胞瘤系、HL-60 非白血性白血病细胞系、HepG2 人类肝癌细胞)都具有显著的抑制作用^[4-6]。但麦角甾醇的抗肿瘤机制尚未达成共识,目前研究表明,麦角甾醇对肝癌细胞 HepG2 增殖有明显的抑制作用,其机制可能与增高 p21mRNA 和蛋白表达或者通过抑制血管生长有关^[7-8]。酸类化合物共有 11 种,相对含量 40.00%,其中,不饱和酸有 5 种,分别为 9-十六碳烯酸、14-十五碳烯酸、反油酸、亚油酸、油酸。据报道,不饱和脂肪酸有明显的生理活性功能,其中亚油酸相对含量为 3.16%,亚油酸为功能性不饱和脂肪酸,具有抗炎以及抑制肿瘤细胞的作用^[9-10]。乙酸乙酯部位相对含量最高的化合物为油酸(31.99%),其次为棕榈酸(26.55%),再次为麦角甾醇(5.16%)。研究表明棕榈酸及亚油酸能使骨肉瘤细胞 MG63 凋亡,可能为抑制氧化应激引起的过氧化损伤^[11]。

本研究应用 GC-MS 技术分别对雪峰虫草有效部位石油醚和乙酸乙酯部位两部位的挥发性成分类

型及相对含量进行测定对比并进行了鉴定,其中石油醚部位鉴定出 44 个化合物,乙酸乙酯部位鉴定出 28 个化合物,本研究首次采用 GC-MS 技术对雪峰虫草石油醚和乙酸乙酯部位的挥发性成分化学进行了分析,为雪峰虫草抗肿瘤物质基础研究与后续开发提供参考和借鉴。

参考文献:

- [1] Wen TC, Zhu RC, Kang JC, et al. *Ophiocordyceps xuefengensis* sp. nov. from larvae of *Phassus nodus* (Hepialidae) in Hunan Province, southern China[J]. *Phytotaxa*, 2014, 123(1):41-50.
- [2] 刘平安.雪峰虫草新资源药材标准的研究及靶细胞高通量筛选抗肿瘤活性成分[D].长沙:湖南中医药大学,2016.
- [3] 李万芳,闫滨,王璐,等.北虫草醚提物成分与抗肿瘤活性分析[J].*时珍国医国药*,2014(1):61-62.
- [4] 蔡其辉,田宏现,刘祝祥,等.北虫草子实体脂溶性化学成分的 GC-MS 分析[J].*中国医药导刊*,2008,10(9):1441-1441.
- [5] 肖琳,刘明,吴宁,等.麦角甾醇氧化产物靶向 survivin 诱导肿瘤细胞凋亡的分子机制[A]//2013 医学前沿论坛暨全国肿瘤药理与化疗学术会议[C].洛阳:2013.
- [6] 郭玮,罗琼,高虹,等.麦角甾醇对 S180 荷瘤小鼠肿瘤血管生成和 Bax、Bcl-2 表达的影响[J].*营养学报*,2015,37(6):569-573.
- [7] 张巧霞,梁保康,吴建勇,等.人工虫草菌 HK-1 与天然虫草提取物的抗肿瘤活性比较[J].*中草药*,2005,36(9):1346-1349.
- [8] Kang JH, Jang JE, Mishra SK, et al. Ergosterol peroxide from Chaga mushroom (*Inonotus obliquus*) exhibits anti-cancer activity by down-regulation of the β -catenin pathway in colorectal cancer[J]. *Journal of Ethnopharmacology*, 2015, 173: 303-312.
- [9] Han J, Sohn EJ, Kim B, et al. Upregulation of death receptor 5 and activation of caspase 8/3 play a critical role in ergosterol peroxide induced apoptosis in DU 145 prostate cancer cells[J]. *Cancer Cell International*, 2014, 14(1):1-8.
- [10] 张娟,黄羽,曾星.麦角甾醇对肝癌细胞 HepG2 增殖及 p21 表达的影响[J].*中药药理与临床*,2011,27(5):26-29.
- [11] 王筱菁,李万根,苏杭,等.棕榈酸及亚油酸对人成骨肉瘤细胞 MG63 作用的研究[J].*中国骨质疏松杂志*,2007,13(8):542-546.

(本文编辑 苏维)