

## 云南野生黑虎掌菌元素分析和风味研究



DU Ping

杜萍<sup>1,2</sup>, 张先俊<sup>1,2\*</sup>, 何素芳<sup>1,2</sup>, 孙卉<sup>1,2</sup>

(1. 昆明理工大学分析测试研究中心, 云南 昆明 650093;

2. 云南省分析测试中心, 云南 昆明 650093)

**摘 要:** 采用气相色谱质谱分析、氨基酸分析、电感耦合等离子体质谱分析方法, 研究了云南野生食用黑虎掌菌独特的风味成分。研究结果首次发现, 室温下黑虎掌菌中含挥发性芳香物质 42 种, 主要为脂肪烃醇类、烯烃类和芳香性杂环类, 非挥发性的滋味活性物质氨基酸 17 种, 矿物质微量元素 10 种以及稀土元素 9 种。表明了黑虎掌菌具有较高的营养价值和药用价值。

**关键词:** 黑虎掌菌; 香味成分; 氨基酸; 微量元素; 稀土元素

**中图分类号:** TQ041; TQ351.0

**文献标识码:** A

**文章编号:** 0253-2417(2010)03-0097-06

### Flavor and Elementary Analysis of the Wild *Tremellodon gelatinosum* from Yunnan

DU Ping<sup>1,2</sup>, ZHANG Xian-jun<sup>1,2</sup>, HE Su-fang<sup>1,2</sup>, SUN Hui<sup>1,2</sup>

(1. Research Center for Analysis and Measurement, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, China;

2. Analytic and Testing Research Center of Yunnan, Kunming 650093, China)

**Abstract:** Unique flavor and elements components of wild *Tremellodon gelatinosum* in Yunnan were investigate by using GC-MS, amino acid analyzer and ICP-MS analysis. The results showed that under room temperature there are 42 volatile aroma matters (mainly alkyl alcohols, alkenes and heterocyclic compounds), 17 non-volatile active matters (amino acid), 10 microelements and 9 rare-earth elements in wild *T. gelatinosum*. This indicates that *T. gelatinosum* possesses high nutritional value and medicinal value.

**Key words:** wild *Tremellodon gelatinosum*; aroma matter; amino acid; microelements; rare-earth elements

云南是我国出产野生食用菌种类最多、产量最丰富、出口量最大的“野生菌王国”。黑虎掌菌, 学名枣翅鳞肉齿菌, 该菌无盖无柄, 极像老虎的脚爪趴在地上。菌体常见黑黄两色, 长着淡黄褐色茸毛和虎皮纹路, 故名虎掌菌。菌肉鲜嫩, 奇香浓郁, 含有丰富的挥发油、氨基酸、矿物质和微量元素。黑虎掌菌除用作烹制滇味特色佳肴之外, 也时常被用作烹制菜肴的调味香料, 并有避蝇防食物变馊之特效, 民间有“虎掌配菜, 三日不馊”的说法。在我国医学中, 黑虎掌菌也有一席之地, 该菌性平味甘, 有追风散寒、舒筋活血、降低血液中胆固醇和防癌保健等功效, 有利于人体的强壮和病体康复, 具有很高的食用和药用价值<sup>[1]</sup>。黑虎掌菌在历史上被视为菌中之珍品, 是历代向王朝纳贡的贡品之一, 主要产于云南楚雄彝族自治州和丽江纳西族自治县<sup>[2]</sup>。本研究分析了虎掌菌中呈芳香味的挥发性成分八碳化合物、含硫化合物以及醛、酸、酮、酯类等, 呈鲜甜味的氨基酸, 与人体生命相关的微量无机元素<sup>[3-4]</sup>, 以为黑虎掌菌食疗与保健功能方面的研究提供科学依据。

## 1 实验部分

### 1.1 材料

黑虎掌菌(*Tremellodon gelatinosum*)系云南省楚雄彝族自治州出产干品。

收稿日期: 2009-10-13

作者简介: 杜萍(1968-), 女, 云南昆明人, 工程师, 学士, 从事分析研究工作; **E-mail:** dupin515@163.com

\* 通讯作者: 张先俊, 高级工程师, 从事天然产物分析和分离研究; **E-mail:** zhxj3971@sina.com。

## 1.2 仪器与设备

VARIN 气相色谱 3900-2100T 质谱联用仪(美国 VARIN 公司);电感耦合等离子体质谱仪(PerkinElmer DRC II);HITACHI L-8800 型全自动高速氨基酸分析仪。

## 1.3 仪器与实验条件

气相色谱条件:色谱柱 VF-5 ms 石英毛细管柱 30 m × 0.25 mm × 0.25 μm;载气为高纯氮;分流比 50:1;汽化室温度 200 °C;程序升温:150 °C 保持 3 min,以 3 °C/min 升至 240 °C,保持 50 min。

质谱条件:电离方式 EI 源,电离能 70 eV;扫描范围 50~600 u;传输线温度 280 °C,NIST 标准质谱谱库。

氨基酸分析仪条件:色谱柱 60 mm × 4.6 mm × 3 μm,反应管温度 136 °C。

电感耦合等离子体质谱仪(PerkinElmer DRC II)工作条件:雾化气流速 0.90 mL/min;辅助气流速 1.2 mL/min;冷却气流速 15.0 mL/min;ICP 功率 1 150 W;定量方法为内标法(内标元素 Rh  $1 \times 10^{-5}$ );数据采集 Sweeps/Reading 20,Replicates 3。

萃取方法:为获得该香味物质,采取了 3 种提取方法:水汽带馏法、溶剂提取法和固相微萃取法。

老化方法:3 种萃取头均需在取样前进行老化,插入色谱仪进样口通载气,250 °C 下老化 30 min,以使其解吸可能吸附的挥发性有机残留物。

## 1.4 实验步骤

取样前先将固相微萃取头在气相色谱进样口 250 °C 老化 30 min。取 3.0 g 黑虎掌菌干品,剪碎,装入 20 mL 顶空样品瓶中,将固相微萃取头通过聚四氟乙烯隔垫插入到样品顶空部分,萃取 90 min,萃取温度为室温,然后将萃取头抽出,插入 GC-MS 进样口,于 200 °C 解析 10 min,进行 GC-MS 检测。

按 1.4 节实验步骤进行实验,得到黑虎掌菌挥发性成分的总离子流图,如图 1 所示。

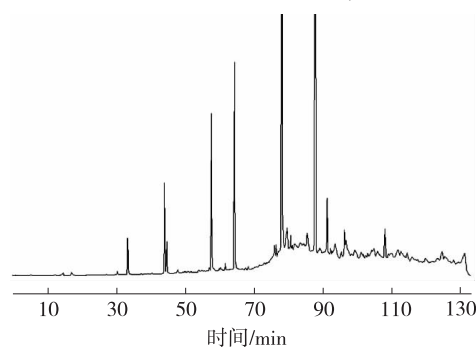


图 1 黑虎掌菌挥发成分总离子流图

Fig. 1 TIC of volatile oil from wild *T. gelatinosum*

## 2 结果与讨论

### 2.1 不同萃取条件和色谱条件对反应结果的影响

**2.1.1 萃取方法的选择** 黑虎掌菌的干品在室温下、烹饪过程中具有浓郁的香味。从实验结果中发现,用固相微萃取法提取出的组分远远大于其他两种。因黑虎掌菌的香味成分多属于低沸点,很多在室温下就挥发了,因此采取水汽带馏法,提取效率低;使用溶剂萃取、浓缩也会造成提取损失。固相微萃取法可以在不同温度下,将样品的挥发性成分、特别是低沸点挥发性成分吸附,具有效率高、易操作的特点。经过试验比较后,发现固相微萃取法所得的组分分别是其他两种方法的 8 倍和 6 倍。

**2.1.2 萃取头的选择** 固相微萃取-顶空气相色谱法在分析微量有机挥发性成分时,具有明显的萃取优势,效率高、灵敏度高、分离效果好。但其核心部分是萃取头上涂布的固定相,现将几种萃取头主要性能参数列于表 1,依次做比对实验。

表 1 固相微萃取头的主要性能及相关参数如下

Table 1 SPME major characteristic and parameters of miniature solid extraction cartridge

固定相名称 stationary phases	固定相粒度/μm granularity	最高使用温度/°C maximum temp.	工作温度/°C recommended operating temp.	吸附的化合物 adsorbed compounds
(聚二甲基硅氧烷)非键合 polydimethylsiloxane	100	280	200~280	小分子挥发性非极性化合物 small-molecule volatile nonpolar compounds
(碳分子筛/聚二甲基硅氧烷)部分交联 carboxen/polydimethyl siloxane	75	320	250~310	痕量有机挥发性物质 trace-level organic volatile substances
(聚二甲氧硅氧烷/聚二乙烯基苯)部分交联 polydimethylsiloxane/divinyl benzene	65	270	200~270	极性挥发性物质 polar volatile substances

从实验结果可看出,单一涂层的端羟基聚二甲基硅氧烷(PDMS)萃取头检出峰数为21种;复合涂层PDMS/二乙烯苯(DVB)萃取头检出峰数为30种;复合极性涂层炭分子筛(CAR)/PDMS萃取头检出峰数为42种。在低沸点组分吸附能力和分离性能方面,CAR/PDMS明显优于其他两种萃取头。由于黑虎掌菌香味成分较复杂,要求萃取头吸附能力强,色谱分析时响应值高,综合考虑后,选择75  $\mu\text{m}$  CAR/PDMS作为实验用的固相萃取头。

**2.1.3 萃取温度的选择** 在气-固相的状态下,选择合适的温度至关重要。作者所研究的黑虎掌菌室温状态下的香味成分,大部分应属于低沸点的组分,因此萃取温度采取室温。

**2.1.4 解吸温度和时间的影响** 从萃取头固定相的性质和相关参数使用寿命考虑,解吸温度不应太高,选择200和250  $^{\circ}\text{C}$ 两个点比较,在250  $^{\circ}\text{C}$ 时,5 min可将吸附物解析完全。200  $^{\circ}\text{C}$ 时,10 min解吸率达到98%以上,20 min解吸率为99%,连续3次实验,所出现的微量组分,不干扰测定。综合考虑后,将解吸温度和时间定为200  $^{\circ}\text{C}$ 下10 min较适宜。

**2.1.5 萃取时间的选择** 萃取时间先后选择40、90、180 min,经比较后发现,90 min后其萃取效率基本无变化。

**2.1.6 色谱条件的选择** 通过采用优化色谱分析条件,得到的分析结果具有分离度高、灵敏度高、重复性好、组分数量丰富的特点。选用合适的柱温和载气流速,可获得较好的分离效果,经优化后选用条件基本满足分离好、灵敏度高、分离时间较短的要求。

**2.1.7 色谱柱的选择** 分别选择DB-1、DB-WAX、VF-5MS 3种不同极性的石英毛细管柱,在相同的萃取条件下,VF-5MS柱所得的色谱峰数量最多。

## 2.2 黑虎掌菌中香味成分种类及含量

所认定的黑虎掌菌42种香味化学成分经NIST谱库检索后结果列于表2。

表2 黑虎掌菌中的挥发性成分

Table 2 Chemical constituents of volatile oil from wild *T. gelatinosum*

编号 No.	保留时间/min retention time	化合物 compounds	分子式 molecular formula	匹配度/% match	类别 category of compounds	GC含量/% GC content
1	3.269	2-甲基-4,5-二氢-1-咪唑啉 1H-imidazole,4,5--dihydro-2-methyl-	$\text{C}_4\text{H}_8\text{N}_2$	70	杂环类 heterocyclic compounds	5.25
2	3.616	二甲基二硫醚 disulfide dimethyl	$\text{C}_2\text{H}_6\text{S}_2$	82	含硫类 sulfides	1.32
3	3.743	3-羟基-正丁醛 butanal,3-hydroxy-	$\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$	71	醛类 aldehydes	1.58
4	3.997	2-亚丙烯基环丁烯 cyclobutene,2-propenylidene-	$\text{C}_7\text{H}_8$	89	烯炔类 alkenes	0.45
5	4.314	dl-别胱硫醚 dl-allo-cystathionine	$\text{C}_7\text{H}_{14}\text{N}_2\text{O}_4\text{S}$	66	含硫类 sulfides	1.28
6	4.520	丁三醇 1,2,3-butanetriol	$\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}_3$	70	脂肪醇 alkyl alcohols	4.52
7	5.946	异丝氨酸 isoserine	$\text{C}_3\text{H}_7\text{NO}_3$	77	酸类 acids	3.78
8	6.406	5-(1-甲基亚乙基)-1,3-环戊二烯 1,3-cyclopentadiene,5-(1-methylethylidene)-	$\text{C}_8\text{H}_{10}$	74	环烯烃 cycloalkenes	2.89
9	8.354	2-氰基亚甲基-四氢吡咯 pyrrolidine,2-(cyanomethylene)-	$\text{C}_6\text{H}_8\text{N}_2$	77	杂环类 heterocyclic compounds	3.89
10	10.795	2,4-二氰基-2-苯基-5-氨基-2,3-二氢呋喃 furan,2,4-dicarbonitrile-2,3-dihydro-5-amino-2-phenyl-	$\text{C}_{12}\text{H}_9\text{N}_3\text{O}$	82	杂环类 heterocyclic compounds	4.07
11	11.048	4-苯甲酰氧基-1-吗啉代环己烯 4-benzoyloxy-1-morpholinocyclohexene	$\text{C}_{17}\text{H}_{21}\text{NO}_3$	66	环烯烃 cycloalkenes	0.52
12	11.635	辛烯-1-醇 2-octen-1-ol. [z]-2-	$\text{C}_8\text{H}_{16}\text{O}$	73	烯醇类 alkenols	1.98
13	11.872	2,2'-无水阿糖呋喃腺嘧啶 2,2'-anhydro-1-arabinofuranosyluracil	$\text{C}_{16}\text{H}_{14}\text{N}_2\text{O}_6$	69	杂环类 heterocyclic compounds	0.65
14	12.079	8-乙烯基双环-[3.3.1]-壬-3-烯-2,6-二酮 8-vinylbicyclo[3.3.1]non-3-ene-2,6-dione	$\text{C}_{11}\text{H}_{12}\text{O}_2$	64	环烯烃 cycloalkenes	0.78
15	12.728	3,6-二甲-2-氨基吡啶 2-pyridinamine,3,6-dimethyl-	$\text{C}_7\text{H}_{10}\text{N}_2$	79	杂环类 heterocyclic compounds	0.10
16	13.663	1,3-二硫杂环己烷-2-基-苯甲酮 methanone,1,3-dithian-2-ylphenyl-	$\text{C}_{11}\text{H}_{12}\text{OS}_2$	67	含硫化合物类 sulfides	1.10

(续表2)

编号 No.	保留时间/min retention time	化合物 compounds	分子式 molecular formula	匹配度/% match	类别 category of compounds	GC 含量/% GC content
17	14.900	2,7-二氧杂三环[4.4.0.0.(3.8.)]-癸-4,9-二烯 2,7-dioxa-tricyclo[4.4.0.0(3.8)]deca-4,9-diene	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	79	环烯烃 cycloalkenes	0.88
18	16.152	3-甲基苯酚 phenol,3-methyl-	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O	84	苯酚类 phenols	0.65
19	17.166	6-甲基-3,4-吡啶二甲醇 3,4-pyridinedimethanol,6-methyl	C <sub>8</sub> H <sub>11</sub> NO <sub>2</sub>	75	杂环类 heterocyclic compounds	0.78
20	19.052	长叶蕨烯环氧化物 longipinene epoxide	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub> O	73	萜类 terpenoids	4.07
21	21.097	蝶呤-6-羧酸 pterin-6-carboxylic acid	C <sub>7</sub> H <sub>5</sub> N <sub>5</sub> O <sub>3</sub>	72	酸类 acids	1.05
22	21.794	香芹醇 carveol	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O	81	环烯醇 cycloalkenols	5.02
23	23.553	1,2,4-三氯苯 benzene,1,2,4-trichloro-	C <sub>6</sub> H <sub>3</sub> Cl <sub>3</sub>	84	芳香族类 aromatic compounds	2.20
24	24.376	N-(2-氯代丙撑)-N-氧基-2-乙基环己胺 2-ethylcyclohexylamine,N-(2-chloropropylidene)-N-oxide	C <sub>11</sub> H <sub>20</sub> ClNO	63	其他类 others	3.50
25	30.108	4-乙基-2-甲氧基苯酚 phenol,4-ethyl-2-methoxy-	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	84	苯酚类 phenols	1.02
26	31.328	双环-[4.4.1]-十一碳-1,3,5,7,9-五烯 bicyclo[4.4.1]-undeca-1,3,5,7,9-pentaene	C <sub>11</sub> H <sub>10</sub>	79	环烯烃类 cycloalkenes	1.08
27	35.182	2,6-二甲氧基苯酚 phenol,2,6-dimethoxy-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O <sub>3</sub>	79	苯酚类 phenols	4.02
28	35.763	3-羟基-5-甲氧基-苯甲醇 benzenemethanol,3-hydroxy-5-methoxy-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O <sub>3</sub>	68	芳烃 aromatic hydrocarbons	0.88
29	36.427	4,5-二乙基-2,3-二甲基-2,3-二氢咪喃 furan,4,5-diethyl-2,3-dihydro-2,3-dimethyl-	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	71	杂环类 heterocyclic compounds	0.57
30	38.042	2-丁基-正辛醇 1-octanol,2-butyl-	C <sub>12</sub> H <sub>26</sub> O	82	脂肪烃醇类 alkyl alcohols	14.75
31	41.041	7-[1-羟基戊基]-2-氧杂双环[3.3.0]辛-7-烯-3-酮 2-oxabicyclo[3.3.0]oct-7en-3-one,7-[1-hydroxypentyl]-	C <sub>12</sub> H <sub>18</sub> O <sub>3</sub>	73	其他类 others	4.56
32	41.938	异戊酸香叶酯 geranyl isovalerate	C <sub>15</sub> H <sub>26</sub> O <sub>2</sub>	72	酯类 esters	2.09
33	44.140	2-甲基-十六烷醇 1-hexadecanol,2-methyl-	C <sub>17</sub> H <sub>36</sub> O	76	脂肪烃醇类 alkyl alcohols	5.31
34	45.50	3-[1-乙酰基-2,2-二甲基环戊基]-2-丙烯酸甲酯 (E) 2-propenoic acid,3-[1-acetyl-2,2-dimethylcyclopentyl]-methylester(E)-	C <sub>13</sub> H <sub>20</sub> O <sub>3</sub>	73	酯类 esters	0.41
35	47.815	叔十六烷硫醇 tert-hexadecanethiol	C <sub>16</sub> H <sub>34</sub> S	70	含硫化合物类 sulfides	1.38
36	49.399	酞酸二乙酯 diethyl phthalate	C <sub>12</sub> H <sub>14</sub> O <sub>4</sub>	89	酯类 esters	0.31
37	49.921	3,7,11-三甲基月桂醇 1-dodecanol,3,7,11-trimethyl-	C <sub>15</sub> H <sub>30</sub> O	77	脂肪烃醇类 alkyl alcohols	7.52
38	53.086	2-十二烷烯基琥珀酸酐 2-dodecen-1-yl[-]succinic anhydride	C <sub>16</sub> H <sub>26</sub> O <sub>3</sub>	81	酐类 anhydrides	0.36
39	57.346	三十七烷醇 1-heptatriacotanol	C <sub>37</sub> H <sub>76</sub> O	79	脂肪烃醇类 alkyl alcohols	0.95
40	59.058	视黄醇 retinol	C <sub>20</sub> H <sub>30</sub> O	74	醇类 alcohols	1.23
41	59.642	2-次甲基-胆甾醇 cholestan-3-ol,2-methylene-	C <sub>28</sub> H <sub>48</sub> O	82	甾族化合物 steroids	0.68
42	61.353	苯二羧酸丁辛酯 1,2-benzenedicarboxylic acid butyl octyl ester	C <sub>20</sub> H <sub>30</sub> O <sub>4</sub>	84	酯类 esters	0.57

通过 GC-MS 分析,黑虎掌菌室温下香味中主要的化学成分为 2-丁基-正辛醇、三甲基月桂醇、2-辛烯-1-醇、香芹醇、二甲基二硫醚、胱硫醚、7-[1-羟基戊基]-2-氧杂双环[3.3.0]辛-7-烯-3-酮、2-甲基-十六烷醇、2,6-二甲氧基苯酚、2,4-二甲腈-2,3-二氢-5-氨基-2-苯基-咪喃、5-(1-甲基亚乙基)-1,3-环戊二烯、2-亚丙烯基环丁烯、长叶蕨烯环氧化物、2-甲基-4,5-二氢-1-氢咪唑等。主要为脂肪烃醇类、烯烃类和芳香性杂环类。在检测出的化合物中有 6 个含八碳挥发性化合物,是食用菌最重要的风味物质,其中 2-辛烯-1-醇是由亚油酸经脂肪氧化酶催化转变而成的,具有浓烈的蘑菇风味。含硫化合物通常能影响菇体整体的芳香,是目前最令人感兴趣的香味物质之一。在检测出的 7 个

杂环化合物中,2,4-二氰基-2-苯基-5-氨基-2,3-二氢咪唑和4,5-二乙基-2,3-二甲基-2,3-二氢基咪唑衍生物的气味通常具有烘烤制品的香气。3,6-二甲-2-氨基具有清香气味。而2-氰基亚甲基-四氢吡咯衍生物具有樱桃甜香。其他的一些挥发性成分,如3-羟基-正丁醛、苯二羧酸丁辛酯等,在食用菌风味中起着调和和互补的作用<sup>[5-9]</sup>。

### 2.3 黑虎掌菌中滋味成分种类及含量

所认定的黑虎掌菌17种氨基酸成分结果列于表3。

表3 黑虎掌菌中氨基酸分析结果

Table 3 Amino acid constituents from wild *T. gelatinosum*

氨基酸 amino acids	质量分数/% mass fraction	氨基酸 amino acids	质量分数/% mass fraction
天门冬氨酸 aspartic acid(ASP)	1.24	缬氨酸 valine(VAL)	0.98
异亮氨酸 isoleucine(ILE)	0.59	酪氨酸 tyrosine(TYR)	0.44
苯丙氨酸 phenylalanine(PHE)	0.52	谷氨酸 glutamate(GLU)	2.40
苏氨酸 l-threonine(THR)	0.68	蛋氨酸 methionine(MET)	1.15
胱氨酸 cystine(CYS)	0.40	赖氨酸 lysine(LYS)	0.91
亮氨酸 leucine(LEU)	1.00	甘氨酸 glycine(GLY)	0.62
丝氨酸 serine(SER)	0.76	组氨酸 histidine(HIS)	0.30
脯氨酸 proline(PRO)	0.20	丙氨酸 alanine(ALA)	0.78
精氨酸 l-arginine(ARG)	0.89	氨基酸总量 total amino acids	13.86

通过氨基酸自动分析仪测定,该菌干品中氨基酸总量达到13%以上。氨基酸是人体生命活动新陈代谢的重要物质,是重要的呈味物质。有些氨基酸呈现很强的鲜味,有些具有纯厚的甜味,有些能够和糖类反应呈现独特的香味。该菌中天门冬氨酸和谷氨酸含量最高,这两种氨基酸占氨基酸总量的比值高达27%以上,远高于茶树菇(1.73%)、鸡腿菇(1.67%)、姬松茸(1.57%)、香菇(1.42%)、黑木耳(1.66%)、野生牛肝菌(1.83%)等,其鲜美味道与此有关<sup>[10-12]</sup>。

### 2.4 黑虎掌菌中无机元素种类及含量

所认定的黑虎掌菌19种无机元素成分结果列于表4和表5。

表4 黑虎掌菌中微量元素分析结果

Table 4 Microelements from wild *T. gelatinosum*

微量元素 microelements	质量分数/(mg·kg <sup>-1</sup> ) mass fraction	微量元素 microelements	质量分数/(mg·kg <sup>-1</sup> ) mass fraction
Fe	304.4	Co	0.65
Ca	236.8	Zn	84.0
K	41400	Se	1.37
Ni	1.02	Mg	1100
V	0.36	Cr	0.90

通过等离子体质谱(ICP-MS)分析,虎掌菌中检测出10种矿物质微量元素和9种稀土元素。其中K、Mg、Fe、Ca、Zn含量较高,Se、Ni含量次之,Co、V、Cr含量较少,这些微量元素的存在对人体的健康以及治疗疾病具有重要的生理意义。它们既可作为营养素,又在生物有机体中起催化、激活动力的作用<sup>[13-16]</sup>。

表5 黑虎掌菌中稀土元素分析结果

Table 5 Rare-earth elements from wild *T. gelatinosum*

稀土元素 rare-earth elements	质量分数/(mg·kg <sup>-1</sup> ) mass fraction	稀土元素 rare-earth elements	质量分数/(mg·kg <sup>-1</sup> ) mass fraction
Ce	0.34	Gd	0.02
Pr	0.04	Th	0.05
Sm	0.03	Y	0.05
Eu	0.01	La	0.17
Nd	0.13		

稀土元素对食用菌具有增产和提高商品等级的作用,被食用菌栽培业广泛应用<sup>[17-18]</sup>。适量的稀土含量对人体有一定的医药保健作用<sup>[19]</sup>。

### 3 结论

**3.1** 通过 GC-MS 分析,室温下从黑虎掌菌中共检出香味成分 42 种,主要为脂肪烃醇类、烯炔类和芳香性杂环类。其中有 6 个含八碳挥发性化合物,是食用菌最重要的风味物质,

**3.2** 通过氨基酸自动分析仪测定,该菌干品中富含 17 种氨基酸,总量达到 13.86%,是重要的呈味物质。

**3.3** 通过 ICP-MS 分析,从黑虎掌菌中检测出 10 种矿物质微量元素和 9 种稀土元素。其中 K、Mg、Fe、Ca、Zn 含量较高,Se、Ni 含量次之,Co、V、Cr 含量较少。

**3.4** 黑虎掌该菌除含有一般的香味物质、氨基酸、无机元素等活性成分外,还应有较特殊的活性成分,有待于进一步开发、研究。

#### 参考文献:

- [1] 赵骥民,张丽辉,辛树权,等. 虎掌菌及其人工驯化初报[J]. 吉林农业大学学报,1998,20(增刊):176-177.
- [2] 刘培贵,杨祝良,杨崇林,等. 云南哀牢、无量山区的虎掌菌类[J]. 中国食用菌,2001,11(3):28-29.
- [3] 王小红,钱骅,张卫明,等. 食用菌呈味物质研究进展[J]. 中国野生植物资源,2009,28(1):6-8.
- [4] 张金颖,金目光,田野,等. 食用菌微量元素含量分布的分析[J]. 食品与发酵工业,2006,32(11):139-141.
- [5] JOSEPH A M. Mushroom flavor[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry,1981(29):1-4.
- [6] 济南市轻工业研究所. 合成食用香料手册[M]. 北京:轻工业出版社,1985.
- [7] 刘扬岷,王林祥,袁身淑,等. 中国香菇风味成份的分离与鉴定[J]. 质谱学报,1992(1):31-35.
- [8] 郑建仙,丁霄霖. 福建香菇风味的检测[J]. 无锡轻工大学学报,1995,14(2):102-108.
- [9] 温泉,王锡昌. 食用菌风味物质的研究及应用进展[J]. 长江大学学报:自然科学版,2006,3(4):211-213.
- [10] 凌关庭. 天然食品添加剂手册[M]. 北京:化学工业出版社,2000.
- [11] 姜萍萍,韩烨,顾赛红,等. 五种食用菌氨基酸含量的测定及营养评价[J]. 氨基酸和生物资源,2009,31(2):67-71.
- [12] 刘佳,高敏,殷忠,等. 贵州四种野生食用菌氨基酸成分分析[J]. 贵州医药,2007(3):278-279.
- [13] 王夔. 生命科学中的微量元素[M]. 2版. 北京:中国计量出版社,1996.
- [14] 傅永怀. 微量元素与 I 临床[M]. 北京:高等教育出版社,1997:213-228.
- [15] 颜世铭,李增禧,熊丽萍. 微量元素医学精要 I 微量元素的生理作用和体内平衡[J]. 广东微量元素科学,2002,9(9):14-19.
- [16] 单振芬. 微量元素与人体健康[J]. 微量元素与健康研究,2006,23(3):66-67.
- [17] 石道芬,李冰. “稀土”对平菇产量及质量的影响[J]. 中国食用菌,1995,14(4):26-27.
- [18] 张金桐,崔德芳. 稀土元素对灵芝子实体营养成分的影响[J]. 中国食用菌,1995,14(4):19-20.
- [19] 吕水源,吕宝源,刘伟,等. 食用菌中稀土元素的分离富集-ICP-AES 法测定[J]. 分析实验室,2005,24(9):81-84.