

# 四川省鸡枞菌氨基酸组成及硒元素含量分析

邹立扣<sup>1</sup>, 潘欣<sup>2,3</sup>, 岳爱玲<sup>1</sup>, 罗燕<sup>1</sup>, 李蓓<sup>1</sup>, 张悦<sup>1</sup>, 姚琼<sup>1</sup>, 吴琦<sup>4,\*</sup>, 郑林用<sup>5</sup>

(1.四川农业大学都江堰校区微生物学实验室, 四川 都江堰 611830; 2.四川农业大学林学院, 四川 雅安 625014;

3.成都理工大学地球科学学院, 四川 成都 610059; 4.四川农业大学生命科学与理学院, 四川 雅安 625014;

5.四川省农业科学院, 四川 成都 610066)

**摘要:** 采集获得四川省内 10 种鸡枞菌, 利用全自动氨基酸分析仪测定其氨基酸组成及含量, 利用原子荧光光度仪分析其硒元素含量, 并利用统计学方法进行分析。结果表明: 鸡枞菌子实体氨基酸含量高, 总氨基酸为 15.92%~28.86%, 必需氨基酸含量分别为 7.08%~10.20%, 普通鸡枞、裂纹鸡枞、乌黑鸡枞、谷堆鸡枞、粗柄鸡枞及小鸡枞的氨基酸含量均超过 20%, 其中谷堆鸡枞总氨基酸及必需氨基酸分别达到 28.86%、10.20%。鸡枞菌中硒含量亦较高, 为长根菇的 3~18 倍, 其中乌黑鸡枞含量达到 $(1.2286 \pm 0.0340) \mu\text{g/g}$ 。可见四川省鸡枞菌氨基酸种类、硒含量丰富, 营养价值高。

**关键词:** 鸡枞菌; 氨基酸; 硒

## Analysis of Amino Acid Composition and Se Content in Different Species of *Termitomyces* Grown in Sichuan

ZOU Li-kou<sup>1</sup>, PAN Xin<sup>2,3</sup>, YUE Ai-ling<sup>1</sup>, LUO Yan<sup>1</sup>, LI Bei<sup>1</sup>, ZHANG Yue<sup>1</sup>, YAO Qiong<sup>1</sup>,

WU Qi<sup>4,\*</sup>, ZHENG Lin-yong<sup>5</sup>

(1. Laboratory of Microbiology, Dujiangyan Campus of Sichuan Agricultural University, Dujiangyan 611830, China; 2. College of

Forestry, Sichuan Agricultural University, Ya'an 625014, China; 3. College of Earth Science, Chengdu University of Technology,

Chengdu 610059, China; 4. College of Life Science, Sichuan Agricultural University, Ya'an 625014, China;

5. Sichuan Academy of Agricultural Sciences, Chengdu 610066, China)

**Abstract:** Fruiting body samples of 10 species of *Termitomyces* grown in different regions of Sichuan province were analyzed for their amino acid composition using amino acid auto analyzer and Se content using atomic fluorescence spectrometer. The results showed that the contents of total amino acids and essential amino acids were 15.92%—28.86% and 7.08%—10.20%, respectively in the fruiting bodies of the investigated species of the genus *Termitomyces*. The fruiting bodies of *T. albuminosus*, *T. robustus*, *T. badius*, *T. microcarpus*, *T. schimperi* and *T. heimi* exhibited a total amino acid content of more than 20% and the contents of total amino acids and essential amino acids in *T. heimii* fruiting bodies were 28.86% and 10.20%, respectively. Besides, Se content of *Termitomyces* fruiting bodies was 3—18 times higher than that of *Xerula radicata*, and the Se content of *T. badius* was  $(1.2286 \pm 0.0340) \mu\text{g/g}$ . It could be concluded that the 10 investigated species of *Termitomyces* grown in Sichuan province are rich in a variety of amino acids and Se and are highly nutritious.

**Key words:** *Termitomyces*; amino acid; selenium

中图分类号: Q93-331; Q939.5

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2011)14-0245-04

鸡枞菌(*Termitomyces* spp.), 又称伞把菇、鸡丝菇及白蚁菇等, 属于担子菌纲伞菌目侧耳科鸡枞菌属, 是珍贵的野生食用菌, 全世界约有 25 种, 我国有 19 种, 主要分布在云南、贵州及四川等省的山区<sup>[1-3]</sup>。鸡枞菌营养丰富, 长期以来, 人们一直希望能够实现这种珍稀野生食用菌的人工驯化栽培, 但是由于鸡枞菌只能生长在白蚁巢上, 它与白蚁巢之间的共生关系复杂, 生

理生化特性尚未彻底弄清楚, 所以至今其培养仍然处于摸索阶段。

鸡枞菌子实体味道鲜美、营养丰富, 根据《本草纲目》记载有“养胃、清神、治瘕”之功效。研究表明其中的多糖麦角甾醇活性成分具有抗肿瘤、降血脂及调节免疫机能等作用<sup>[4]</sup>。近年来, 对其研究主要侧重在系统分类、分子鉴定<sup>[5-8]</sup>, 菌丝分离<sup>[9-10]</sup>, 培养特

收稿日期: 2010-09-02

作者简介: 邹立扣(1979—), 男, 副教授, 博士, 主要从事微生物及分子生物学研究。E-mail: zoulk124@163.com

\* 通信作者: 吴琦(1973—), 男, 副教授, 博士, 主要从事生物化学及分子生物学研究。E-mail: wuqiwig@163.com

性<sup>[11-12]</sup>及菌丝发酵<sup>[13-14]</sup>研究,但对鸡枞菌子实体营养成分,如氨基酸组成及硒元素含量分析等尚不清楚,有部分报道仅限于对普通鸡枞(*Termitomyces albuminosus* (Berk.) Heim)的研究<sup>[15-16]</sup>,种类不多,缺乏较系统的分析。

硒(Se)是目前已知的14种人体必需的微量元素之一。它以硒代半胱氨酸(Se-Cys)的形式参与构成谷胱甘肽过氧化物酶,对清除体内超氧阴离子自由基、脂质过氧化物和保护生物膜免受自由基损害,延缓机体衰老等方面有重要作用。硒能激发人体免疫球蛋白及抗体的产生,对提高人体免疫机能,预防某些疾病的发生亦有着重要的作用。由于无机硒毒性大,目前对于生物源硒,特别是富硒食用菌的研究已成为热点,主要侧重于对富硒食用菌的药效<sup>[17]</sup>、菌株筛选<sup>[18]</sup>及培养条件<sup>[19]</sup>的研究。

鉴于此,本实验采集获得四川省内10种鸡枞菌,利用全自动氨基酸分析仪、原子荧光光度仪,测定其氨基酸组成及硒元素含量,并利用统计学方法进行析,以期对鸡枞菌的合理利用及开发提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

鸡枞菌子实体主要来源于四川省资中县、巴中市、大邑县、西昌市及德阳市等,采集获得子实体,共采集鸡枞菌10种,其种类分别为普通鸡枞(*Termitomyces albuminosus* (Berk.) Heim)、粗柄鸡枞(*T. robustus* (Beeli.) Heim)、乌黑鸡枞(*T. badius* Otieno)、尖盾鸡枞(*T. clypentus* Heim)、小鸡枞(*T. microcarpus* (Berk.) Br.) Heim)、裂纹鸡枞(*T. schimperi* (Pat.) Heim)、端圆鸡枞(*T. tyleranus* Otieno)、根白蚁伞(*T. eurhizus* (Berk.) Heim)、谷堆鸡枞(*T. heimii*)及球盖鸡枞(*T. globulus* Heim & Goosens)等,样品采集后用冰袋封存,6h内送实验室鉴定,室内对采集回来的子实体及孢子形态进行观测和镜检<sup>[1-2,20]</sup>。另有长根菇(*Oudemansiella radicata* (Relhan: Fr.) Singer)子实体做对照测定。去除泥土及杂质,洗净子实体后烘干,50℃烘干至质量恒定,研制成粉末,用电子天平称量,待用。

2622SC 阳离子树脂 日本日立公司。

### 1.2 仪器与设备

L-8800 全自动氨基酸分析仪 日本 Hitachi 公司; AFS3000 原子荧光光度仪 北京海光仪器公司; 奥林巴斯 CX21 显微镜 日本奥林巴斯株式会社; 5804R 高速冷冻离心机 德国 Eppendorf 公司; MaxQ6000 气浴振荡培养箱 美国 Thermo 公司; 小型涡旋振荡器、水浴锅及恒温培养箱等。

## 1.3 测定方法

### 1.3.1 氨基酸含量测定

取适量试样,加10mL 6mol/L HCl 溶液,排除空气后110℃水解22~24h。取一定量定容过滤后的水解液,真空除去盐酸后以0.02mol/L 盐酸溶解定容后上机测试。仪器色谱条件:4.6mm×60mm 色谱柱(填充2622SC 阳离子树脂);检测波长分别为570、440nm;洗脱液流量0.4mL/min;反应液流量0.35mL/min;柱温57℃;反应温度135℃。

### 1.3.2 硒元素测定

样品0.3g 加硝酸加-高氯酸(4:1)混合酸12mL,置电热板上消化2h至溶液无色冒白烟后,加5mL 体积分数50%的盐酸预还原,继续加热至溶液剩余2~3mL后结束消化,溶液转移至25mL容量瓶中用5%盐酸定容。测定条件:负高压300V,总电流380mA,辅阴极电流40%,载气流量400mL/min,屏蔽气流量900mL/min,原子化器高度8mm。还原剂:1g/100mL 硼氢化钾溶液;载流:体积分数5%的盐酸溶液。

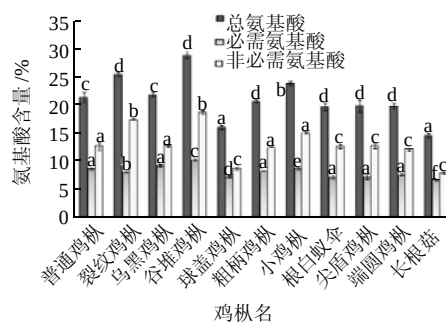
### 1.3.3 数据分析

数据统计采用SPSS 16.0 软件,进行单尾t 检验和单向方差分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 鸡枞菌氨基酸含量的测定

鸡枞菌氨基酸含量结果见图1,可知鸡枞菌氨基酸含量高,其平均总氨基酸、平均必需氨基酸及平均非必需氨基酸含量分别为21.70%、8.22%及13.48%。所有鸡枞菌中,裂纹鸡枞、谷堆鸡枞的总氨基酸含量、非必需氨基酸含量均显著高于其他种类,谷堆鸡枞的必需氨基酸含量显著高于其他种类。粗柄鸡枞、普通鸡枞、乌黑鸡枞及球盖鸡枞必需氨基酸含量分别占氨基酸总量的40.0%、40.6%、42.11%及45.14%,达到或超过世界卫生组织和联合国粮农组织提出的E/T 约为40%,而其他种类也接近此值,在36%左右。



同一指标标注不同字母表示差异显著( $P < 0.05$ )。

图1 鸡枞菌的氨基酸含量测定结果

Fig.1 Total amino acid, essential amino acid and non-essential amino acid contents of *Termitomyces* fruiting bodies

表1 鸡枞菌氨基酸含量及组成  
Table 1 Amino acid composition of *Termitomyces* fruiting bodies

| 氨基酸<br>种类 | 非必需氨基酸           |                  |                  |                  |                   |                  |                 |                  |                 |                 | 必需氨基酸            |                  |                  |                  |                  |                  |                  | % |
|-----------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---|
|           | Asp              | Tyr              | Glu              | Gly              | His               | Ser              | Arg             | Pro              | Ala             | Cys             | Phe              | Lys              | Ile              | Val              | Met              | Leu              | Thr              |   |
| 普通<br>鸡枞  | 1.8953 ± 0.0010* | 1.8460 ± 0.0121  | 3.2756 ± 0.0286  | 0.9772 ± 0.0087  | 0.9554 ± 0.0098   | 0.8230 ± 0.0088  | 0.8234 ± 0.0111 | 0.4197 ± 0.0156  | 1.3033 ± 0.1909 | 0.3526 ± 0.4649 | 0.7274 ± 0.0156  | 1.1302 ± 0.0062  | 1.2191 ± 0.0135  | 2.1587 ± 0.0670  | 0.6679 ± 0.0299  | 1.8314 ± 0.0580* | 0.9430 ± 0.0154  |   |
| 裂纹<br>鸡枞  | 2.0579 ± 0.0050* | 1.8222 ± 0.0247  | 3.7766 ± 0.0371  | 1.4516 ± 0.0150  | 1.0915 ± 0.0166   | 1.2409 ± 0.0571  | 1.3645 ± 0.0395 | 0.8059 ± 0.0091* | 2.3520 ± 0.0501 | 1.3629 ± 0.0115 | 1.3422 ± 0.0126* | 1.2267 ± 0.0069  | 1.1880 ± 0.0190  | 2.3187 ± 0.0417  | 0.7962 ± 0.0149  | 1.8462 ± 0.0270* | 1.3941 ± 0.0079* |   |
| 乌黑<br>鸡枞  | 1.6910 ± 0.0153  | 1.4926 ± 0.0155  | 2.8730 ± 0.0045* | 1.0117 ± 0.0124  | 0.6683 ± 0.01054  | 0.8737 ± 0.0151  | 0.9265 ± 0.0154 | 0.4729 ± 0.0357  | 1.7891 ± 0.0213 | 0.9013 ± 0.0213 | 0.5796 ± 0.0167  | 0.9813 ± 0.1027  | 0.9776 ± 0.0193  | 3.2448 ± 0.0112  | 0.8516 ± 0.0071* | 1.4863 ± 0.0211  | 1.1177 ± 0.0137  |   |
| 谷堆<br>鸡枞  | 2.3440 ± 0.0451* | 1.6856 ± 0.0255  | 4.7229 ± 0.0204* | 1.3535 ± 0.0483  | 1.1789 ± 0.01085* | 1.5891 ± 0.1419* | 1.2951 ± 0.0358 | 0.6661 ± 0.0124  | 2.5135 ± 0.0526 | 1.3162 ± 0.0141 | 0.8325 ± 0.0482  | 1.1250 ± 0.0272  | 1.0668 ± 0.0382  | 3.2939 ± 0.0121  | 0.7101 ± 0.0013  | 1.6431 ± 0.0144  | 1.5284 ± 0.0419* |   |
| 球盖<br>鸡枞  | 1.2818 ± 0.0321* | 1.0152 ± 0.1426* | 1.7820 ± 0.0137* | 0.7150 ± 0.0260* | 0.6058 ± 0.0093   | 0.7299 ± 0.0223  | 0.9696 ± 0.0086 | 0.3215 ± 0.0086  | 1.2311 ± 0.1045 | 0.0805 ± 0.0068 | 0.5689 ± 0.0396  | 0.7652 ± 0.0084  | 0.6985 ± 0.0103  | 2.6419 ± 0.0153  | 0.6442 ± 0.0096  | 1.0407 ± 0.0516  | 0.8264 ± 0.0073  |   |
| 粗柄<br>鸡枞  | 1.7018 ± 0.0231  | 1.4913 ± 0.0214  | 3.4676 ± 0.2542  | 0.9489 ± 0.0484  | 0.7934 ± 0.0155   | 0.9293 ± 0.0150  | 1.0607 ± 0.0461 | 0.4299 ± 0.0078  | 1.5082 ± 0.0252 | 0.0817 ± 0.0055 | 0.5130 ± 0.0190  | 0.9976 ± 0.0234  | 0.9349 ± 0.0457  | 2.5882 ± 0.0211  | 0.7810 ± 0.0211  | 1.4986 ± 0.0103  | 0.9285 ± 0.0079  |   |
| 小鸡<br>枞   | 1.8130 ± 0.0200  | 1.3341 ± 0.0208  | 4.4583 ± 0.0014* | 1.0503 ± 0.0558  | 0.8490 ± 0.0239   | 1.1286 ± 0.0260  | 1.4463 ± 0.0126 | 0.6308 ± 0.0043  | 2.1736 ± 0.0544 | 0.1639 ± 0.0062 | 0.7481 ± 0.0558  | 0.8847 ± 0.0220  | 0.8640 ± 0.0317  | 2.8826 ± 0.0148  | 0.7942 ± 0.0143  | 1.3169 ± 0.0061  | 1.2544 ± 0.0609  |   |
| 根白<br>蚁伞  | 1.7535 ± 0.0265  | 1.2490 ± 0.0251  | 3.2017 ± 0.0511  | 0.9881 ± 0.0790  | 0.8277 ± 0.0463   | 1.0141 ± 0.0637  | 1.1114 ± 0.0123 | 0.5193 ± 0.0149  | 1.7591 ± 0.0701 | 0.0890 ± 0.0012 | 0.7918 ± 0.0168  | 1.0354 ± 0.1097  | 0.7957 ± 0.0104  | 2.2639 ± 0.1560  | 0.7986 ± 0.0102  | 1.2924 ± 0.0163  | 0.1066 ± 0.0377  |   |
| 尖盾<br>鸡枞  | 1.6614 ± 0.0208  | 1.3263 ± 0.0335  | 3.4131 ± 0.0103  | 1.0670 ± 0.0882  | 0.9399 ± 0.0539   | 0.9733 ± 0.0588  | 0.9326 ± 0.0582 | 0.6203 ± 0.0286  | 1.6620 ± 0.1288 | 0.0725 ± 0.0036 | 0.8957 ± 0.0114  | 0.8910 ± 0.0944  | 0.8583 ± 0.0616  | 2.2923 ± 0.3141  | 0.7865 ± 0.0066  | 1.3328 ± 0.0580  | 0.0919 ± 0.0137  |   |
| 罐圆<br>鸡枞  | 1.7132 ± 0.0153  | 1.2047 ± 0.0782  | 3.5921 ± 0.0211  | 0.8980 ± 0.0186  | 0.8506 ± 0.0517   | 0.8788 ± 0.0215  | 0.8811 ± 0.0059 | 0.5836 ± 0.0252  | 1.3973 ± 0.0559 | 0.0716 ± 0.0064 | 0.7734 ± 0.0140  | 0.8069 ± 0.0073  | 0.7960 ± 0.0111  | 2.2008 ± 0.1633  | 0.7694 ± 0.00617 | 1.0737 ± 0.0535  | 1.1764 ± 0.0715  |   |
| 长根<br>菇   | 1.6876 ± 0.0100  | 0.6481 ± 0.0154* | 3.6325 ± 0.0312  | 0.8149 ± 0.0048  | 0.4717 ± 0.0160*  | 0.9444 ± 0.0124  | 0.1147 ± 0.0518 | 0.7095 ± 0.0156  | 1.1450 ± 0.0582 | 0.0790 ± 0.0076 | 0.7905 ± 0.0084  | 1.1366 ± 0.10823 | 0.6379 ± 0.1467* | 1.6638 ± 0.0186* | 0.5892 ± 0.0179* | 1.1356 ± 0.0071  | 0.6371 ± 0.0032* |   |

注：\*.差异显著( $P<0.05$ )。下同。

与长根菇相比，总氨基酸、必需氨基酸和非必需氨基酸含量均显著高于长根菇(球盖鸡枞总氨基酸除外)。鸡枞菌子实体总氨基酸含量范围为15.92%~28.86%，必需氨基酸含量为7.08%~10.20%，此数值均优于长根菇、平菇<sup>[21]</sup>、白灵菇<sup>[22]</sup>、鸡腿菇、香菇、姬松茸及黑木耳<sup>[23]</sup>等，其中普通鸡枞、裂纹鸡枞、乌黑鸡枞、谷堆鸡枞、粗柄鸡枞及小鸡枞的氨基酸含量均超过20%。

以谷堆鸡枞的氨基酸含量为例，其总氨基酸含量达到28.86%，为长根菇的2倍、平菇的3倍<sup>[21]</sup>、白灵菇的1.7倍、杏鲍菇的2倍<sup>[24]</sup>；必需氨基酸含量为长根菇的1.5倍、平菇的2.25倍<sup>[16]</sup>、白灵菇的1.52倍、杏鲍菇的1.78倍<sup>[24]</sup>；非必需氨基酸含量为长根菇的2.4倍，平菇的3.7倍<sup>[16]</sup>、白灵菇的1.86倍、杏鲍菇的2.05倍<sup>[24]</sup>。综上所述，鸡枞菌中氨基酸含量高，营养丰富。

2.2 鸡枞菌各氨基酸组成及含量

鸡枞菌氨基酸组成及含量见表1，结果表明鸡枞菌中氨基酸种类齐全。

由表1可知，鸡枞菌子实体味道鲜美，其中谷氨酸在谷堆鸡枞、小鸡枞中，天门冬氨酸在普通鸡枞、裂纹鸡枞及谷堆鸡枞中，含量较其他种类高且差异均显著( $P<0.05$ )。

鸡枞菌中高含量的谷氨酸和天门冬氨酸等鲜味氨基酸赋予了鸡枞菌鲜美的口味，此外谷氨酸具有促进红细

胞生成、改善脑细胞营养及记忆力减退的生理作用，同时是中枢神经系统内含量最多的非特异性兴奋性氨基酸，它参与多种物质的代谢调节<sup>[21,25]</sup>。天门冬氨酸是微甜味或鲜味氨基酸，使其水溶液呈微甜味<sup>[26]</sup>。

组氨酸、丝氨酸及脯氨酸在谷堆鸡枞和裂纹鸡枞中含量均显著高于其他种类。

表2 氨基酸在不同种类鸡枞菌中的优势分布  
Table 2 Predominant distribution of amino acids in *Termitomyces* fruiting bodies

| 非必需氨基酸 | 鸡枞种类              | 必需氨基酸 | 鸡枞种类        |
|--------|-------------------|-------|-------------|
| Asp    | 普通鸡枞*、裂纹鸡枞*、谷堆鸡枞* | Phe   | 裂纹鸡枞*       |
| Tyr    | 球盖鸡枞*             | Lys   | 裂纹鸡枞        |
| Glu    | 谷堆鸡枞*、小鸡枞*        | Ile   | 普通鸡枞        |
| Gly    | 谷堆鸡枞              | Val   | 谷堆鸡枞        |
| His    | 谷堆鸡枞*             | Met   | 乌黑鸡枞*       |
| Ser    | 谷堆鸡枞*             | Leu   | 普通鸡枞*、裂纹鸡枞* |
| Arg    | 小鸡枞               | Thr   | 裂纹鸡枞*、谷堆鸡枞* |
| Pro    | 裂纹鸡枞*             |       |             |
| Ala    | 谷堆鸡枞              |       |             |
| Cys    | 裂纹鸡枞              |       |             |

在必需氨基酸中，亮氨酸、缬氨酸及赖氨酸含量均较高。其中亮氨酸在普通鸡枞、裂纹鸡枞中含量显著高于其他种类，约为长根菇的1.6倍，鸡腿菇与姬松

茸的1.4倍<sup>[23]</sup>。缬氨酸和亮氨酸可促进正常生长,修复组织,调节血糖,并给身体提供能量,赖氨酸能促进儿童生长和发育。另苯丙氨酸、苏氨酸在裂纹鸡枞中含量显著高于其他品种,苯丙氨酸含量约为长根菇的2倍、鸡腿菇的1.6倍、姬松茸的1.8倍,苯丙氨酸含量约为长根菇的1.6倍、鸡腿菇的2.3倍、姬松茸的2.5倍<sup>[23]</sup>。

因此,鉴于氨基酸的不同功能及在不同种类鸡枞中的分布,可根据营养要求做相应选择(表2)。

### 2.3 鸡枞菌硒元素含量的测定

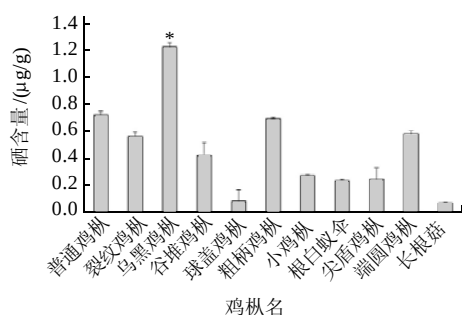


图2 鸡枞菌硒元素含量测定结果

Fig.2 Se contents of *Termitomyces* fruiting bodies

由图2可知,鸡枞菌中硒含量为长根菇( $0.0747 \mu\text{g/g} \pm 0.0076 \mu\text{g/g}$ )的3~18倍,其中乌黑鸡枞含量居前( $1.2286 \mu\text{g/g} \pm 0.0340 \mu\text{g/g}$ ),与其他种差异显著( $P < 0.05$ )。沈恒胜等<sup>[27]</sup>研究秀珍菇硒含量在 $0.03 \sim 0.77 \mu\text{g/g}$ 之间,而富硒平菇中硒含量也仅为 $0.244 \mu\text{g/g}$ ,可见鸡枞菌硒含量较高。不同地区来源的蕈菌子实体中硒含量存在差异<sup>[27]</sup>,鸡枞菌在四川省内分布较广,但野生菌采集受季节限制较大,采集地是否可能对这些成分含量有影响,还需要进一步的研究。

硒是人体必需的微量元素,对清除体内超氧阴离子自由基,延缓机体衰老等方面有重要作用,生物源有机硒在生理、药理上的功效都较无机硒优越,且对人体安全无毒副作用<sup>[17-19]</sup>。我国营养学会推荐的硒摄入量成年男女均为 $50 \mu\text{g/d}$ ,安全摄入量为 $400 \sim 450 \mu\text{g/d}$ ,鸡枞菌中硒含量比谷物、肉、鱼、蛋类、奶制品、蔬菜及水果等大多数食品高,与动物源硒含量相当<sup>[28-29]</sup>,但相对于动物源硒,其具有低脂肪、低胆固醇、高纤维及高蛋白等特点,优势明显,可以作为优良的补硒食品。

### 3 结 论

本研究表明,鸡枞菌子实体氨基酸种类齐全、含量高,总氨基酸含量(平均值)达到 $15.92\% \sim 28.86\%$ ,必需氨基酸含量分别为 $7.08\% \sim 10.20\%$ ,普通鸡枞、裂纹鸡枞、乌黑鸡枞、谷堆鸡枞、粗柄鸡枞及小鸡枞的氨基酸含量均超过20%,其中谷堆鸡枞总氨基酸及必需氨

基酸分别达到28.86%、10.20%,可见鸡枞菌中氨基酸含量最高,营养丰富。鸡枞菌中硒含量亦较高,为长根菇的3~18倍,其中乌黑鸡枞含量达到( $1.2286 \pm 0.0340$ )  $\mu\text{g/g}$ ,因此可以作为优良的补硒食品。

### 参考文献:

- [1] 袁明生,孙佩琼. 中国蕈菌原色图集[M]. 成都: 四川科学技术出版社, 2007.
- [2] 卯晓岚. 中国大型真菌[M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 2000.
- [3] WEI T Z, YAO Y J, LI T H. First record of *Termitomyces entolmoides* in China[J]. Mycotaxon, 2003, 88: 433-438.
- [4] 潘崇环,孙萍,龚翔,等. 珍稀食用菌栽培与名贵野生菌的开发利用[M]. 北京: 中国农业出版社, 2004.
- [5] 胡清秀. 鸡枞菌研究现状[J]. 食用菌学报, 2001, 8(1): 54-58.
- [6] 付子艳,李荣春. 鸡枞菌属与华鸡枞属分类研究现状[J]. 广西植物, 2009, 29(1): 32-38.
- [7] 邹立扣,潘欣. 鸡枞菌形态学及其分子鉴定[J]. 食用菌, 2009, 31(2): 17-18.
- [8] 邹立扣,潘欣. 粗柄鸡枞菌总DNA提取及ITS区克隆测序研究[J]. 北方园艺, 2009(6): 217-219.
- [9] 曾大兴,谢和,吴龙英. 几种分离鸡枞菌的方法研究[J]. 山地农业生物学报, 1999, 18(2): 87-89.
- [10] 胡清秀. 五种鸡枞菌的分离培养试验[J]. 食用菌学报, 2000, 7(3): 43-47.
- [11] 胡尚勤,刘天贵,李贤柏. 鸡枞菌最佳碳源与生长条件的研究[J]. 食用菌, 2006(3): 11-12.
- [12] 龙正海,曾大兴. 鸡枞菌培养特性的初步研究[J]. 食品与生物技术学报, 2007, 26(3): 90-94.
- [13] 姚晓红,许尧兴,许少春,等. 鸡枞菌的生物学特性及深层发酵研究进展[J]. 食用菌学报, 2001, 8(1): 59-62.
- [14] 胡忠策,郑晓冬. 鸡枞菌液体深层发酵的研究[J]. 菌物系统, 2002, 21(1): 98-101.
- [15] 赵呈裕,杨抚华,王化远. 鸡土从菌的液体发酵研究和化学成分分析[J]. 华西医科大学报, 1997, 28(4): 407-411.
- [16] 姚晓红,陈宛如,董调雅. 鸡枞菌的液体培养及菌体成分分析[J]. 浙江农业学报, 2001, 13(2): 91-92.
- [17] 余杰,崔鹏举,邢立刚,等. 富硒鸡腿菇菌粉对糖尿病小鼠免疫功能及抗氧化能力的影响[J]. 食品学报, 2009, 31(2): 198-200.
- [18] 陈宏伟,陈安徽,朱蕴兰,等. 原生质体诱变选育高富硒量冬虫夏草菌株的研究[J]. 食品工业与发酵, 2009, 35(3): 15-18.
- [19] 朱玉昌,周大寨,唐巧玉,等. 富硒野生食用菌液体培养条件初步优化[J]. 中国酿造, 2009(4): 61-64.
- [20] 岳爱玲,张悦,姚琼,等. 四川省鸡枞菌种类记述[J]. 中国食用菌, 2010, 29(4): 5-7.
- [21] 王新风,杨芳,刘圣师,等. 富硒平菇蛋白测定与氨基酸成分分析[J]. 食品科学, 2008, 29(12): 610-613.
- [22] 杨梅,陈凌华,石磊,等. 白灵菇的深层培养及菌丝体氨基酸组分分析[J]. 福建师范大学学报: 自然科学版, 2006, 22(1): 77-81.
- [23] 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.
- [24] 谷延泽. 白灵菇和杏鲍菇的营养分析与比较[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(21): 9931-9932.
- [25] 承欧梅,胡常林,董为伟. 兴奋性氨基酸及其受体与中枢神经系统疾病[J]. 临床神经病学杂志, 1999, 12(2): 123-125.
- [26] 段小华,邓泽元,朱笃. 杜仲种子脂肪酸及氨基酸分析[J]. 食品科学, 2010, 31(4): 214-217.
- [27] 沈恒胜,陈君琛,汤葆莎,等. 秀珍菇生物富硒及富集水平[J]. 食用菌学报, 2009, 16(4): 35-38.
- [28] 陈历程,潘根兴. 南京市主要食物含硒量分析及居民硒营养水平评价[J]. 食品科学, 2002, 23(10): 57-59.
- [29] 陈历程,张勇. 微量元素硒的研究现状及其食品强化[J]. 食品科学, 2002, 23(10): 134-137.