

环纹蘑菇营养成分分析及蛋白质营养价值评价

杨 琴 张桂香 王晓巍 刘明军 杨建杰

甘肃省农业科学院蔬菜研究所, 兰州 730070

摘要 对环纹蘑菇的一般营养成分、矿物质元素及氨基酸组成进行测定,并与野生羊肚菌、美味牛肝菌及常规栽培种类双孢蘑菇、香菇进行比较,同时采用国际通用的评价方法对其蛋白质营养进行评价。结果表明:环纹蘑菇的粗蛋白含量为41.6%,矿物质钾元素、镁元素含量丰富,三者均高于参比食用菌;环纹蘑菇含有16种氨基酸(色氨酸未测),其中谷氨酸、天门冬氨酸、丙氨酸含量占到氨基酸总量的40%;环纹蘑菇蛋白的氨基酸评分、化学评分、必需氨基酸指数、生物价、营养指数和氨基酸比值系数分别为61.47、39.34、65.55、59.75、27.27、70.86。上述结果表明,环纹蘑菇是一种高营养价值的美味食用菌。

关键词 环纹蘑菇; 营养成分; 氨基酸; 蛋白质; 营养价值评价

中图分类号 R 151 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2018)06-0113-06

甘肃祁连山国家级自然保护区地处甘肃省境内祁连山东段,东经 $97^{\circ}30' \sim 103^{\circ}28'$ 、北纬 $36^{\circ}30' \sim 39^{\circ}30'$,属高寒干旱半干旱、半湿润山地森林草原气候,是以青海云杉 *Picea crassifolia*、祁连山圆柏 *Juniperus przewalskii* 为主的森林生态系统^[1-2]。区内差异显著的水热条件、多样的植被类型和土壤类型,蕴育了众多大型真菌^[3]。同时甘肃祁连山地区是菌物多样性及区系地理学研究相对空白的区域^[4-5],目前仅有传统形态学分类基础上的调查研究^[6-8]及极个别种类的开发利用如荷叶离褶伞菌 *Lyophyllum decastes*^[9-13]、毛头鬼伞 *Coprinus comatus*^[14]、田头菇属 *Agrocybe*^[15]等。因此,加强祁连山大型真菌多样性调查,保护和收集珍稀、濒危及具有较高经济价值的野生食用菌具有重大意义。

环纹蘑菇 *Agaricus taeniatus* 是祁连山大型真菌之一,其味道鲜美、自然发生量较大,每年夏秋季沿山群众大量涌入采摘(在此特指祁连山中段大野口西水林区沿山群众,其余林区未经调查),并冠以俗名“钉子菇”。笔者跟随当地群众采摘后,发现他们所谓的钉子菇包括外形轮廓相似的大紫蘑菇 *Agaricus auquestus*、双孢蘑菇 *Agaricus bisporus* 和环纹蘑菇3种(其种类通过形态及分子的分类鉴定确定,文章另行整理发表),大紫蘑菇、双孢蘑菇在有关祁连山大型真菌资源报道中均有所提及^[3,8,16],而环纹蘑菇作为蘑菇属的1个新种于2014年才有报道^[17],通过ITS序列的分子系统学研究方法确定环纹蘑菇属于蘑菇属中的 *Bivelares* 组,与较为熟知的双孢蘑菇同组^[18],但是环纹蘑菇除了具有该组特征外,还具有区别于该组其他种类的特点:较大的孢子($6.3 \mu\text{m} \times 7.6 \mu\text{m}$)和担子($8 \sim 11 \mu\text{m} \times 33 \sim 41 \mu\text{m}$)、菌柄表面带状的膜质残留物及有裂纹的单菌环(图1)。目前,有关环纹蘑菇的研究还未开展,环纹蘑菇仅仅以蘑菇属 *Agaricus* 新种类的身份在文献^[19-22]中出现。在甘肃祁连山大野口西水林区,环纹蘑菇分布在阴坡及半阴坡的青海云杉林内,具有较高的经济价值,目前干品售价可达200元/kg,高额的利润诱惑加之不科学的采摘方法包括在孢子未形成前开始采摘以及采摘时对苔藓层损坏严重使

关祁连山大型真菌资源报道中均有所提及^[3,8,16],而环纹蘑菇作为蘑菇属的1个新种于2014年才有报道^[17],通过ITS序列的分子系统学研究方法确定环纹蘑菇属于蘑菇属中的 *Bivelares* 组,与较为熟知的双孢蘑菇同组^[18],但是环纹蘑菇除了具有该组特征外,还具有区别于该组其他种类的特点:较大的孢子($6.3 \mu\text{m} \times 7.6 \mu\text{m}$)和担子($8 \sim 11 \mu\text{m} \times 33 \sim 41 \mu\text{m}$)、菌柄表面带状的膜质残留物及有裂纹的单菌环(图1)。目前,有关环纹蘑菇的研究还未开展,环纹蘑菇仅仅以蘑菇属 *Agaricus* 新种类的身份在文献^[19-22]中出现。在甘肃祁连山大野口西水林区,环纹蘑菇分布在阴坡及半阴坡的青海云杉林内,具有较高的经济价值,目前干品售价可达200元/kg,高额的利润诱惑加之不科学的采摘方法包括在孢子未形成前开始采摘以及采摘时对苔藓层损坏严重使



图1 环纹蘑菇子实体

Fig.1 Fruiting body of *Agaricus taeniatus*

收稿日期: 2017-11-28

基金项目: 国家食用菌产业技术体系(GARS-20);甘肃省农业科学院中青年创新基金项目(2016GAAS46);甘肃省农科院食用菌遗传育种与高效栽培学科团队(2017GAAS32)

杨 琴, 硕士, 助理研究员, 研究方向: 食用菌资源与利用. E-mail: gsyangqin06@163.com

得环纹蘑菇种源不断减少、生境持续破坏,因此,要及时开展就地保护与开发利用工作。本研究对环纹蘑菇的一般营养成分、矿物质、氨基酸组成进行了测定,并对其蛋白质营养价值进行评价,以期对环纹蘑菇的开发利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1)野生环纹蘑菇。采集于甘肃祁连山大野口西水林区裸露流域海拔 2 900 m 青海云杉林中,利用 ITS1 和 ITS4 通用引物对其进行扩增、测序,并对测序结果进行 BLAST 比对,同时结合形态学鉴定(标本鉴定得到中国科学院微生物研究所李赛飞老师的帮助)确定为环纹蘑菇。

2)分析样品。子实体采摘、去除泥沙,切片后于 60 °C 鼓风干燥箱内干燥至恒质量,粉碎过粒径 0.25 mm 筛,储存在干燥器内即为分析样品。

1.2 试验方法

1)基本营养成分测定。粗蛋白含量参照 GB 5009.5—2016 食品中蛋白质的测定中的凯氏定氮法;还原糖含量参照 GB 5009.7—2016 食品中还原糖的测定中的直接滴定法;粗脂肪含量参照 NY/T 1285—2007 油料种籽含量的测定中的残余法;粗灰分含量参照 GB 5009.4—2016 食品中灰分的测定中食品中总灰分的测定方法;粗纤维含量参照 GB/T 6434—2006 饲料中粗纤维的含量测定过滤法。

2)矿物元素测定。钾、钠含量参照 GB/T 5009.91—2017 食品中钾、钠的测定中的火焰原子吸收光谱法;磷含量参照 GB 5009.87—2016 食品中磷的测定中的钒钼黄分光光度法;钙含量参照 GB 5009.92—2016 食品中钙的测定中的火焰原子吸收光谱法;镁含量参照 GB 5009.241—2017 食品中镁的测定中的火焰原子吸收光谱法;铁含量参照 GB 5009.90—2016 食品中铁的测定中的火焰原子吸收光谱法;锌含量参照 GB 5009.14—2017 食品中锌的测定中的火焰原子吸收光谱法;铜含量参照 GB 5009.13—2017 食品中铜的测定中的火焰原子吸收光谱法;锰含量参照 GB 5009.242—2017 食品中锰的测定中的火焰原子吸收光谱法。

3)氨基酸测定。参照 GB 5009.124—2016 食品中氨基酸的测定,采用氨基酸分析仪测定环纹蘑菇中的酸水解氨基酸。

4)营养价值评价。氨基酸评分(AAS)、化学评分(CS)、必需氨基酸指数(EAAI)、生物价(BV)、营养指数(NI)按 Bano 等^[23]和文献[24]的方法进行评价;氨基酸比值系数分(SRCAA)按朱圣陶等^[25]的方法进行测定。

2 结果与分析

2.1 环纹蘑菇的营养成分

对环纹蘑菇一般营养成分进行测定,结果显示:环纹蘑菇粗蛋白含量非常丰富,高达 41.6%,分别是羊肚菌^[26]、美味牛肝菌^[27]、双孢蘑菇^[28]的 4.67、1.66、1.10 倍,可溶性糖、粗脂肪、粗纤维含量较低,分别为 1.6%、1.77%、4.6%,粗灰分含量为 9.2%,说明环纹蘑菇是一种高蛋白、低脂肪、富含矿物质元素、口感较为细腻的一种食用菌。

2.2 环纹蘑菇的矿物质元素

矿物质元素对机体功能调节具有重要作用,钾元素能够调节机体细胞内渗透压及酸碱平衡,可参与细胞内糖和蛋白质的代谢过程^[29];镁元素对运动损伤治疗、人类心血管疾病的保护、预防和降低高血压、对抗自由基等方面均具有积极的作用^[30]。由表 1 可知,环纹蘑菇的钾元素、镁元素含量均比较丰富,钾元素分别是参比食用菌羊肚菌、美味牛肝菌、香菇、双孢蘑菇的 1.22、1.31、1.32、1.45 倍,镁元素含量与香菇相当,分别是羊肚菌、美味牛肝菌、双孢蘑菇的 3.48、2.05、2.18 倍。对微量元素而言,环纹蘑菇与野生菌羊肚菌、美味牛肝菌相比其含量不具优势,但与同一属的双孢蘑菇比较,除锰元素外,铁、锌、铜的含量均高于双孢蘑菇。

2.3 环纹蘑菇的氨基酸组成

通过测定(色氨酸除外),环纹蘑菇共检出 16 种氨基酸(脯氨酸未检出),总量为 29.55%,其中必需氨基酸有 7 种,非必需氨基酸有 9 种,必需氨基酸占氨基酸总量的 35.97%。环纹蘑菇的谷氨酸、天门冬氨酸、丙氨酸含量丰富,三者占氨基酸总量的 40%,其中天门冬氨酸是羊肚菌、美味牛肝菌、香菇、双孢蘑菇的 1.68、1.76、1.88、1.70 倍,谷氨酸是羊肚菌、美味牛肝菌、香菇、双孢蘑菇的 2.03、3.30、4.20、2.34 倍,丙氨酸同样也位居参比食用菌之首;组氨酸、精氨酸为婴儿必需氨基酸,环纹蘑菇的组氨酸、精氨酸含量占氨基酸总量的 7.7%,均高于参比食用菌。

表 1 环纹蘑菇的矿物质元素含量

Table 1 Mineral element content of *Agaricus taeniatus*

mg/kg

| 矿物质元素 Mineral elements | 环纹蘑菇 <i>A. taeniatus</i> | 羊肚菌 ^[26] <i>M. esculenta</i> | 美味牛肝菌 ^[31] <i>B. edulis</i> | 香菇 ^[32] <i>L. edodes</i> | 双孢蘑菇 ^[28] <i>A. bisporus</i> |
|---------------------------|-----------------------------|--|---|--|--|
| K | 34 368 | 28 340 | 26 189 | 25 900 | 23 700 |
| P | 4 500 | 58 097 | / | 7 700 | 7 000 |
| Ca | 1 108 | 767 | 14 910 | 800 | 15 000 |
| Mg | 1 477 | 425 | 720 | 1 500 | 677 |
| Na | 1 890 | 234 | / | | 13 800 |
| Fe | 566 | 807 | 5 772 | 1 033 | 421 |
| Zn | 61 | 187 | 555 | 95 | 33 |
| Cu | 63 | 3 595 | 1 544 | 11 | 56 |
| Mn | 18 | 35 | / | 33 | 677 |

表 2 环纹蘑菇和参比食用菌的氨基酸组成

Table 2 Amino acid compositions of *Agaricus taeniatus* and other kinds of edible fungi

g/100 g

| 氨基酸 Amino acid | 环纹蘑菇 <i>A. taeniatus</i> | 羊肚菌 ^[26] <i>M. esculenta</i> | 美味牛肝菌 ^[27] <i>B. edulis</i> | 香菇 ^[30] <i>L. edodes</i> | 双孢蘑菇 ^[28] <i>A. bisporus</i> |
|-------------------|-----------------------------|--|---|--|--|
| Asp | 3.09 | 1.84 | 1.76 | 1.64 | 1.82 |
| * Thr | 1.56 | 1.05 | 0.88 | 0.82 | 0.99 |
| Ser | 1.34 | 0.83 | 1.04 | 0.66 | 0.91 |
| Glu | 6.80 | 3.35 | 2.06 | 1.62 | 2.91 |
| Gly | 1.30 | 1.09 | 1.19 | 1.22 | 0.93 |
| Ala | 1.92 | 1.41 | 1.42 | 1.19 | 1.51 |
| Cys | 1.43 | 0.33 | 0.10 | 0.79 | 0.33 |
| * Val | 2.85 | 1.28 | 2.07 | 0.78 | 1.12 |
| * Met | 0.48 | 0.36 | 0.52 | 0.06 | 0.45 |
| * Ile | 1.08 | 0.84 | 0.76 | 0.83 | 1.41 |
| * Leu | 1.79 | 1.25 | 1.45 | 1.55 | 2.31 |
| Tyr | 0.76 | 0.60 | 0.61 | 0.43 | / |
| * Phe | 1.32 | 0.79 | 0.58 | 0.89 | 0.98 |
| * Lys | 1.55 | 1.20 | 1.39 | 1.02 | 0.91 |
| His | 0.57 | 0.39 | 0.19 | 0.33 | 0.32 |
| Arg | 1.71 | 1.67 | 1.01 | 1.11 | 0.90 |
| Pro | 未检出 | 0.80 | 0.90 | 0.59 | 1.62 |
| * Try | / | / | / | 0.34 | 0.10 |
| TAA | 29.55 | 19.08 | 17.93 | 15.87 | 19.52 |
| EAA | 10.63 | 6.77 | 7.65 | 6.29 | 8.27 |
| EAA/TAA/% | 35.97 | 35.48 | 42.67 | 39.63 | 42.37 |

注：* 标记的为必需氨基酸，氨基酸总量(TAA)，必需氨基酸(EAA)；表中数据为 100 g 干物质中氨基酸的量。Note: * marked as essential amino acids, total amino acids (TAA), essential amino (EAA). The data in the table is the amount of amino acids in 100 g dry matter.

2.4 环纹蘑菇的必需氨基酸组成

由表 3 可知，环纹蘑菇的必需氨基酸总量为 30.82%，其中缬氨酸含量比较丰富，占 6.85%，虽低于美味牛肝菌，但高于 FAO/WHO 氨基酸模式及其他参比食用菌，是羊肚菌、香菇、双孢蘑菇的 4.45、2.25、2.31 倍；环纹蘑菇的亮氨酸、异亮氨酸含量则比较低，低于鸡蛋、FAO/WHO 氨基酸模式及所有参比食用菌。

2.5 环纹蘑菇蛋白质的氨基酸评分和化学评分

从表 4 可知，环纹蘑菇的氨基酸评分为 61.47，高于参比的羊肚菌、双孢蘑菇，低于参比的美味牛肝菌，与参比香菇相当，表明环纹蘑菇的蛋白质营养与 FAO/WHO 氨基酸模式的接近

程度和香菇相似。

从表 5 可知，环纹蘑菇的化学评分为 39.34，低于参比的美味牛肝菌、香菇，高于羊肚菌、双孢蘑菇，说明环纹蘑菇蛋白质营养与鸡蛋蛋白质组成的接近程度介于美味牛肝菌、香菇和羊肚菌、双孢蘑菇之间。

2.6 环纹蘑菇蛋白质的必需氨基酸指数、生物价和营养指数

由表 6 可知，环纹蘑菇的必需氨基酸指数、生物价低于参比的羊肚菌、美味牛肝菌，高于参比的香菇、双孢蘑菇；环纹蘑菇的营养指数位居参比食用菌首位，分别是羊肚菌、美味牛肝菌、香菇、双孢蘑菇的 1.48、1.61、1.75、1.46 倍。营养指数综合了必需氨基

表 3 环纹蘑菇和参比食用菌、鸡蛋、FAO/WHO 的必需氨基酸组成

Table 3 Essential amino acid compositions of *Agaricus taeniatus* and other kinds of edible fungi, chicken egg, FAO/WHO

| 必需氨基酸 Essential amino acid | 环纹蘑菇 <i>A. taeniatus</i> | 羊肚菌 <i>M. esculenta</i> | 美味牛肝菌 <i>B. edulis</i> | 香菇 <i>L. edodes</i> | 双孢蘑菇 <i>A. bisporus</i> | 鸡蛋 Egg | g/100 g |
|-------------------------------|-----------------------------|----------------------------|---------------------------|------------------------|----------------------------|-----------|-----------------------------|
| | | | | | | | FAO/WHO 模式 FAO/WHO model |
| Thr | 3.75 | 5.25 | 3.51 | 3.21 | 2.61 | 5.10 | 4.00 |
| Cys+Met | 4.59 | 14.08 | 2.47 | 3.33 | 2.06 | 5.50 | 3.50 |
| Val | 6.85 | 1.54 | 8.25 | 3.05 | 2.96 | 7.30 | 5.00 |
| Ile | 2.60 | 4.27 | 3.03 | 3.25 | 3.72 | 6.60 | 4.00 |
| Leu | 4.30 | 6.14 | 5.78 | 6.07 | 6.10 | 8.80 | 7.00 |
| Phe+Tyr | 5.00 | 7.47 | 4.74 | 5.17 | 2.59 | 10.00 | 6.00 |
| Lys | 3.73 | 5.80 | 5.54 | 3.99 | 2.40 | 6.40 | 5.50 |
| 合计 Total | 30.82 | 44.55 | 33.31 | 28.07 | 22.45 | 49.70 | 35.00 |

表 4 环纹蘑菇和参比食用菌的蛋白质氨基酸评分

Table 4 Amino acid scores of *Agaricus taeniatus* and other kinds of edible fungi

| 氨基酸评分 AAS | 环纹蘑菇 <i>A. taeniatus</i> | 羊肚菌 <i>M. esculenta</i> | 美味牛肝菌 <i>B. edulis</i> | 香菇 <i>L. edodes</i> | 双孢蘑菇 <i>A. bisporus</i> |
|--------------|-----------------------------|----------------------------|---------------------------|------------------------|----------------------------|
| Thr | 93.75 | 131.25 | 87.65 | 80.27 | 65.37 |
| Cys+Met | 131.18 | 402.29 | 70.57 | 95.09 | 58.86 |
| Val | 137.02 | 30.80 | 164.94 | 61.08 | 59.17 |
| Ile | 64.90 | 106.75 | 75.70 | 81.25 | 93.11 |
| Leu | 61.47 | 87.71 | 82.53 | 86.70 | 87.16 |
| Phe+Tyr | 83.33 | 124.50 | 79.02 | 86.14 | 43.14 |
| Lys | 67.74 | 105.45 | 100.69 | 72.61 | 43.70 |
| AAS | 61.47 | 30.80 | 70.57 | 61.08 | 43.14 |

表 5 环纹蘑菇和参比食用菌蛋白质的化学评分

Table 5 Chemical scores of protein of *Agaricus taeniatus* and other kinds of edible fungi

| 化学评分 Chemical scores | 环纹蘑菇 <i>A. taeniatus</i> | 羊肚菌 <i>M. esculenta</i> | 美味牛肝菌 <i>B. edulis</i> | 香菇 <i>L. edodes</i> | 双孢蘑菇 <i>A. bisporus</i> |
|-------------------------|-----------------------------|----------------------------|---------------------------|------------------------|----------------------------|
| Thr | 73.53 | 102.94 | 68.74 | 62.95 | 51.27 |
| Cys+Met | 83.48 | 256.00 | 44.91 | 60.51 | 37.46 |
| Val | 93.85 | 21.10 | 112.97 | 41.84 | 40.52 |
| Ile | 39.34 | 64.70 | 45.88 | 49.24 | 56.43 |
| Leu | 48.90 | 69.77 | 65.65 | 68.96 | 69.33 |
| Phe+Tyr | 50.00 | 74.70 | 47.41 | 51.68 | 25.88 |
| Lys | 58.22 | 90.63 | 86.53 | 62.40 | 37.56 |
| 总评分 Total score | 39.34 | 21.10 | 44.91 | 41.84 | 25.88 |

酸组成和蛋白质含量两个因素,环纹蘑菇较高的营养指数表明其较高的营养价值。

2.7 环纹蘑菇的氨基酸比值系数及氨基酸比值系数分

氨基酸比值系数分(SRCAA)是采用各种必需氨基酸偏离氨基酸模式的离散度来评价氨基酸的质

量,氨基酸的比值系数分越接近 100,其蛋白质氨基酸组成与 FAO/WHO 模式氨基酸组成越一致。环纹蘑菇的氨基酸比值系数分高于参比的羊肚菌、美味牛肝菌、双孢蘑菇,低于香菇,这是因为相对于香菇而言,环纹蘑菇低含量的异亮氨酸及高含量的缬氨酸影响了数据的离散型,其他氨基酸组成与模式

表 6 环纹蘑菇和参比食用菌的必需氨基酸指数、生物价和营养指数

Table 6 Essential amino acid indexes, biological values and nutritional indexes of *Agaricus taeniatus* and other kinds of edible fungi

| 评价指标 Evaluation indicators | 环纹蘑菇 <i>A. taeniatus</i> | 羊肚菌 <i>M. esculenta</i> | 美味牛肝菌 <i>B. edulis</i> | 香菇 <i>L. edodes</i> | 双孢蘑菇 <i>A. bisporus</i> |
|-------------------------------|-----------------------------|----------------------------|---------------------------|------------------------|----------------------------|
| 必需氨基酸指数 EAAI | 65.55 | 78.88 | 67.52 | 60.88 | 49.22 |
| 生物价 BV | 59.75 | 74.28 | 61.90 | 54.66 | 41.95 |
| 营养指数 NI | 27.27 | 18.48 | 16.95 | 15.55 | 18.63 |

注 Note: EAAI:Essential amino acid index; BV:Biological value; NI:Nutritional index.

表 7 环纹蘑菇和参比食用菌的氨基酸比值系数分

Table 7 RCAAs and SRCAs of *Agaricus taeniatius* and other kinds of edible fungi

| 氨基酸比值系数 RCAA | 环纹蘑菇 <i>A. taeniatius</i> | 羊肚菌 <i>M. esculenta</i> | 美味牛肝菌 <i>B. edulis</i> | 香菇 <i>L. edodes</i> | 双孢蘑菇 <i>A. bisporus</i> |
|-----------------|------------------------------|----------------------------|---------------------------|------------------------|----------------------------|
| Thr | 1.15 | 1.06 | 1.03 | 1.10 | 1.14 |
| Cys+Met | 1.30 | 2.64 | 0.67 | 1.06 | 0.83 |
| Val | 1.47 | 0.22 | 1.69 | 0.73 | 0.90 |
| Ile | 0.61 | 0.67 | 0.68 | 0.86 | 1.25 |
| Leu | 0.76 | 0.72 | 0.98 | 1.21 | 1.54 |
| Phe+Tyr | 0.78 | 0.77 | 0.71 | 0.91 | 0.58 |
| Lys | 0.91 | 0.93 | 1.29 | 1.09 | 0.83 |
| 氨基酸比值系数分 SRCAA | 70.86 | 28.87 | 65.38 | 84.56 | 70.53 |

注 Note: RCAA: Ratio coefficient of amino acid; SRCAA: Score of ratio coefficient of amino acid.

氨基酸比较接近。

参 考 文 献

3 讨 论

环纹蘑菇的粗蛋白、粗灰分含量比较丰富,分别为 41.6%、9.2%,可溶性糖、粗脂肪、粗纤维含量较低,分别为 1.60%、1.77%、4.60%,说明环纹蘑菇是一种高蛋白、低脂肪、富含矿物质元素、口感细腻的食用菌。环纹蘑菇的矿物质元素含量与参比食用菌相比,其微量元素铁、锌、铜、锰含量虽不具优势,但元素钾、镁含量比较突出,经常食用环纹蘑菇可增加人体必需的镁元素和钾元素,对促进人体健康起着积极的作用。

环纹蘑菇除色氨酸未测外,共检出 16 种氨基酸(脯氨酸未检出),包括 7 种必需氨基酸、9 种非必需氨基酸,其中必需氨基酸占氨基酸总量的 35.97%。在 16 种氨基酸中,谷氨酸、天门冬氨酸、丙氨酸含量表现十分突出,均居参比食用菌之首,且三者的总量达环纹蘑菇氨基酸总量的 40%。此外,环纹蘑菇中的组氨酸、精氨酸含量也比较突出,二者作为儿童生长的必需氨基酸,具有促进婴幼儿神经系统和机体发育的作用。因此,环纹蘑菇是一种不错的儿童食物可选物。

环纹蘑菇的氨基酸评分、化学评分、必需氨基酸指数、生物价均介于 4 种参比食用菌之间,营养指数因综合了必需氨基酸组成和蛋白质含量两个因素而位居参比食用菌之首,氨基酸比值系数分低于香菇而高于其他参比食用菌,低于香菇这是由环纹蘑菇自身的营养特点,即丰富的缬氨酸含量和相对匮乏的异亮氨酸含量引起的,但从蛋白质营养与 FAO/WHO 氨基酸模式的接近程度来看,则与香菇相当但略逊一筹。

- [1] 杨全生,汪有奎,袁虹,等. 祁连山森林昆虫的多样性及保护利用[J]. 干旱区资源与环境, 2008, 22(12): 168-173.
- [2] 张学龙,成彩霞,敬文茂,等. 祁连山森林土壤的水文生态效应[J]. 甘肃林业科技, 2007, 32(2): 5-9.
- [3] 席亚丽,王治江,于海萍,等. 祁连山自然保护区大型真菌资源研究初报[J]. 中国食用菌, 2011, 30(4): 7-13.
- [4] 庄剑云,魏淑霞. 中国西北祁连山及其邻近地区的锈菌[J]. 菌物研究, 2015, 13(2): 96-103.
- [5] 王小燕,魏玉莲. 我国西北和东南地区多孔菌种群差异[J]. 应用生态学报, 2015, 26(10): 3160-3166.
- [6] 桂建华,魏生龙,王生荣. 祁连山自然保护区离褶伞属真菌资源[J]. 草业学报, 2011, 20(5): 284-287.
- [7] 桂建华,魏生龙,王生荣. 祁连山自然保护区高寒草地高等真菌名录初报(一)[J]. 草原与草坪, 2010, 30(6): 51-54.
- [8] 桂建华. 祁连山自然保护区大型真菌资源调查研究[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2010.
- [9] 高慧娟,袁承玲,赵丽,等. 响应面法优化富硒荷叶离褶伞菌丝体胞内粗多糖发酵条件[J]. 菌物学报, 2016, 35(1): 86-93.
- [10] 梁倩倩,魏生龙,席亚丽,等. 响应面法优化荷叶离褶伞菌丝体产漆酶条件[J]. 菌物学报, 2016, 35(3): 335-342.
- [11] 梁倩倩,魏生龙,闫红霞,等. 响应面法优化荷叶离褶伞 DNA 提取条件[J]. 菌物研究, 2015, 13(1): 29-34, 40.
- [12] 会明,张焱珍,席亚丽,等. 荷叶离褶伞优良菌株筛选[J]. 菌物学报, 2014, 33(2): 208-217.
- [13] 杨秋慧子,陈雨泰,张志宽,等. 祁连山荷叶离褶伞菌丝体 LML 的分离纯化及其凝血活性检测[J]. 食品工业科技, 2013, 34(18): 114-118.
- [14] 谢放,吴萍民,赵春巧. 一株 *Agrocybe* 属真菌的分离鉴定及生物学特性[J]. 东北林业大学学报, 2014, 42(7): 137-142.
- [15] 朱玉兰,谢放,吴萍民. 一株祁连山野生毛头鬼伞菌的分离鉴定及其生物学特性分析[J]. 中国生物制品学杂志, 2015, 28(6): 598-604.
- [16] 张桂香,杨琴,刘明军,等. 甘肃省不同生态区大型真菌资源[J]. 中国食用菌, 2014, 33(6): 5-7.

- [17] LI S F, XI Y L, QI C X, et al. *Agaricus taeniatus* sp. nov., a new member of *Agaricus* sect. *Biverales* from northwest China[J]. *Mycotaxon*, 2014, 129(1): 187-196.
- [18] KERRIGAN R W, CALLAC P, PARRA L A. New and rare taxa in *Agaricus* section *Bivelares* (*Duploannulati*)[J]. *Mycologia*, 2008, 100(6): 876-892.
- [19] WANG Z R, PARRA L A, CALLAC P, et al. Edible species of *Agaricus* (*Agaricaceae*) from Xinjiang Province (Western China)[J]. *Phytotaxa*, 2015, 202(3): 185-197.
- [20] ZHAO R L, ZHOU J L, CHEN J, et al. Towards standardizing taxonomic ranks using divergence times—a case study for reconstruction of the *Agaricus*, taxonomic system[J]. *Fungal diversity*, 2016, 78(1): 239-292.
- [21] DAI R C, LI G J, HE M Q, et al. Characterization of four species including one new species of *Agaricus* subgenus *Spissicaules* from Eastern China[J]. *Mycosphere*, 2016, 7(4): 405-416.
- [22] HE M Q, ZHAO R L. A new species of *Agaricus* section *Mi-nores* from China[J]. *Mycology*, 2015, 6(3/4): 182.
- [23] BANO Z, RAJARATHRAM S. Pleurotus mushroom as a nutritions food[M]// CHANG S T, QUIMIO T H. Tropical mushroom: biological nature and cultivation methods. Hong Kong: The Chinese University Press, 1982: 363-380.
- [24] FAO nutrition studies No. 24. Amino acid content of foods and biological data on proteins[S]. Rome: Food and Agriculture organization, 1970.
- [25] 朱圣陶, 吴坤. 蛋白质营养价值评价——氨基酸比值系数法[J]. *营养学报*, 1988(2): 187-190.
- [26] 刘蓓, 吴素蕊, 朱萍, 等. 滇西北地区四种羊肚菌营养成分分析比较[J]. *食品工业科技*, 2012(1): 363-365.
- [27] 江洁, 李学伟, 金怀刚. 美味牛肝菌菌丝体与子实体蛋白质营养价值的评价[J]. *食品科学*, 2013, 34(3): 253-256.
- [28] 吴素玲, 孙晓明, 王波, 等. 双孢蘑菇子实体营养成分分析[J]. *中国野生植物资源*, 2006, 25(2): 47-48.
- [29] 王婷婷, 高观世, 吴素蕊, 等. 黄鳞多孔菌营养成分分析及营养价值评价[J]. *食品工业科技*, 2016, 37(21): 342-346.
- [30] 刘金香. 镁元素的保健抗衰老功能[J]. *沈阳师范大学学报(自然科学版)*, 2001, 19(4): 55-58.
- [31] 邓百万, 陈文强, 李新生. 美味牛肝菌菌丝体与野生子实体营养成分的比较分析[J]. *食品科学*, 2004, 25(11): 255-258.
- [32] 陈士瑜. 食用菌生产大全[M]. 北京: 中国农业出版社, 1990.

Analysis of nutrient compositions and evaluation of protein nutritional value of *Agaricus taeniatus*

YANG Qin ZHANG Guixiang WANG Xiaowei LIU Mingjun YANG Jianjie

Vegetable Research Institute, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou 730070, China

Abstract The common nutrient compositions, minerals and amino acids of *Agaricus taeniatus* were detected and compared with other mushroom species including the wild *Morehella esculenta*, *Boletus edulis* and cultivars *Lentinus edodes*, *Agaricus bisporus*. The international general nutritional value assessment method was applied for the overall nutritional evaluation of its protein. The results showed that the content of crude protein in *Agaricus taeniatus* was 41.6%. The mineral contents were rich in potassium and magnesium, higher than tested species. *Agaricus bisporus* contained 16 kinds of amino acids (tryptophan was not tested), and the contents of glutamic acid, aspartic acid, alanine accounted for 40% of the total amino acid content. The amino acid score (AAS), chemical score (CS), essential amino acid index (EAAI), biological value (BV), nutritional index (NI) and score of ratio coefficient of amino acid (SRCAA) of protein were 61.47, 39.34, 65.55, 59.75, 27.27 and 70.86, respectively. It is indicated that *Agaricus taeniatus* is a kind of delicious mushroom with high nutritional value.

Keywords *Agaricus taeniatus*; nutrient compositions; amino acid; protein; nutrition value evaluation