

网络出版时间:2018-06-15 16:08

DOI:10.13207/j.cnki.jnwfufu.2018.12.007

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20180615.1606.014.html>

陕西佛坪野生“刷把菌”营养成分的分析与评价

何 强¹, 陈文强^{1,2}, 解修超^{1,2}, 彭 浩^{1,2}, 邓百万^{1,2}, 王 颖¹, 陈 琰¹

(1 陕西理工大学 生物科学与工程学院, 陕西 汉中 723000; 2 陕西省食药食用菌工程技术研究中心, 陕西 汉中 723000)

【摘 要】【目的】分析和评价陕西佛坪野生“刷把菌”子实体营养成分,为其野生资源的保护与开发利用提供参考。【方法】以陕西佛坪野生“刷把菌”子实体为对象,采用国家标准方法测定其水分、灰分、粗蛋白、粗多糖、粗脂肪和粗纤维含量,氨基酸自动分析仪测定氨基酸组成,电感耦合等离子体发射光谱仪测定矿质元素含量;按照氨基酸评分(Amino acid score, AAS)、化学评分(Chemical score, CS)、必需氨基酸指数(Essential amino acid index, EAAI)和氨基酸比值系数分(Score of ratio coefficient of amino acid, SRCAA)标准对其营养品质进行评定,并与标准模式进行比较。【结果】陕西佛坪野生“刷把菌”子实体水分、灰分、粗蛋白、粗多糖、粗脂肪和粗纤维含量分别为 92.75%, 14.32%, 38.96%, 24.90%, 4.61% 和 9.21% (均为质量分数)。从子实体中共检测到 17 种氨基酸,总氨基酸含量为 44.90 g/hg,必需氨基酸为 15.90 g/hg,占氨基酸总量的 35.41%,必需氨基酸构成接近 FAO/WHO 模式;鲜味氨基酸含量为 15.60 g/hg。其 AAS、CS、EAAI 和 SRCAA 分别为 0.98、0.67、0.95 和 74.59,其营养价值与人体所需营养水平较接近,是优质的蛋白源。子实体中的矿质元素 Zn 和 Se 含量分别为 18.63、2.53 mg/hg,高于其他野生菌,未检测出 Cd、Pb、As 重金属元素。【结论】陕西佛坪野生“刷把菌”是一种高蛋白、低脂肪、富含矿物质的食用菌,具有较高的营养价值和保护开发价值。

【关键词】 “刷把菌”;食用菌;营养成分;矿物质元素

【中图分类号】 R284.1

【文献标志码】 A

【文章编号】 1671-9387(2018)12-0051-07

Analysis and evaluation of nutritional components in wild “Shuaba mushroom” in Foping, Shaanxi

HE Qiang¹, CHEN Wenqiang^{1,2}, XIE Xiuchao^{1,2}, PENG Hao^{1,2},
DENG Baiwan^{1,2}, WANG Ying¹, CHEN Yan¹

(1 School of Biological Science and Engineering, Shaanxi Sci-Tech University, Hanzhong, Shaanxi 723000, China;

2 Shaanxi Engineering Research Center of Edible and Medicated Fungi, Hanzhong, Shaanxi 723000, China)

Abstract: 【Objective】 This study analyzed and evaluated the nutrient components of wild “Shuaba mushroom” in Foping, Shaanxi to provide reference for the protection and development of wild resources. 【Method】 The contents of moisture, ash, crude protein, crude polysaccharide, crude fat, and crude fiber of wild “Shuaba mushroom” in Foping, Shaanxi were determined by national standard methods. The amino acid composition was determined by amino acid automatic analyzer and the contents of mineral elements were determined by inductively coupled plasma emission spectrometry. The amino acid score (AAS), chemical score (CS), essential amino acid index (EAAI) and score of ratio of amino acid (SRCAA) were used to evaluate the nutritional quality and the results were compared with the standard model. 【Result】 The mois-

【收稿日期】 2017-09-15

【基金项目】 陕西省教育厅重点项目(13JS021);陕西省科技统筹创新工程计划项目(2012HBGC-20, 2016HBGC-07)

【作者简介】 何 强(1992—),男,陕西西安人,硕士,主要从事微生物资源的保护与利用研究。E-mail: heqiang0715@126.com

【通信作者】 解修超(1978—),男,山东临沭人,副教授,博士,硕士生导师,主要从事微生物代谢产物活性物质研究。

E-mail: xiexiuchao@126.com

ture,ash,crude protein,crude polysaccharide,crude fat and crude fiber contents of wild “Shuaba mushroom” were 92.75%,14.32%,38.96%,24.90%,4.61% and 9.21% (mass fraction), respectively. There were 17 amino acids in wild “Shuaba mushroom” with the total amino acid (TAA) content of 44.90 g/hg and the essential amino acid (EAA) of 15.90 g/hg,accounting for 35.41% of the TAA content. The EAA composition was close to FAO/WHO model,and content of delicious amino acids was 15.60 g/hg. The AAS,CS,EAAI and SRCAA were 0.98,0.67,0.95 and 74.59,and its nutritional value was close to the nutritional level required by human body as a good protein source. The contents of mineral elements Zn and Se were 18.63 mg/hg and 2.53 mg/hg,higher than other wild bacteria.Cd,Pb,and As were not detected.【Conclusion】“Shuaba mushroom” in Foping,Shaanxi is a wild edible mushroom with high protein,low fat,and rich polysaccharide and minerals,indicating high nutritional value and merit of exploitation and utilization.

Key words: “Shuaba mushroom”; edible fungi; nutritional components; mineral elements

珊瑚菌(*Ramaria botrytoides*)又名刷把菌、扫帚菌,属珊瑚菌科、珊瑚菌属,为珍稀的野生食用菌。主要分布于吉林、辽宁、陕西、河南、四川、云南等地,常生于苔藓或腐殖质中,少生于腐木上,一般成丛生在一起^[1]。陕西佛坪县地处秦岭腹地,属暖温带气候,当地野生菌资源丰富,每年6至8月盛产珊瑚菌,当地居民将其作为特色菜,一般在食用前用沸水稍煮,倒掉水后,再蒸煮或炒食用。其子实体一般中等大,5~10 cm高,直径可达8 cm,浅粉红色或肉色,基柄粗大,圆柱状或柱状团块,光滑,基部白色,菌体由基部分生出许多分支组成,形似珊瑚,易碎,每个分枝多次分枝或分叉,小枝顶端呈指状丛集,菌肉白色,有蚕豆香味。珊瑚菌被称为“野生之花”,其形秀色美、营养丰富、鲜甜爽口。该菌可食药两用,具有破血缓中、和胃气、祛风等作用,在医学上有镇静、强筋壮骨、养血安神的功效,所含菌多糖具有抗癌作用^[2]。

目前,对于珊瑚菌的研究主要集中在化学成分和多糖提取方面^[3-4],且仅测定了部分营养成分,未进行营养成分的全面分析评价^[5]。经课题组前期研究,初步确定陕西佛坪“刷把菌”为珊瑚菌属一新的分类单元。因此,本研究以采自陕西佛坪的野生“刷把菌”子实体为材料,对其水分、灰分、粗蛋白、粗多糖、粗脂肪、粗纤维、矿物质元素及氨基酸等主要营养成分进行了测定,并采用国际通用营养价值评价方法对氨基酸成分进行系统分析,以期陕西佛坪野生“刷把菌”综合开发利用提供理论依据,为其资源保护提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 供试材料 野生“刷把菌”子实体(图1)采

自陕西佛坪国家级自然保护区内,菌株编号SXF-PRF01,研究标本保藏于陕西省食药菌工程研究中心。保护区海拔1 458 m(33°37'21"N,108°01'25"E),年均气温11.5℃,年均降水量924 mm,每年7—8月中旬和9月上旬为降水高峰期,当地居民一般在降雨过后进山采摘野生“刷把菌”。



图1 陕西佛坪野生环境下的“刷把菌”
Fig.1 “Shuaba mushroom” in wild environment
in Foping,Shaanxi

1.1.2 主要试剂 甲基红、甲基蓝、溴甲酚绿,指示剂级;浓硫酸、盐酸、氢氧化钠、硼酸,AR级;Ca、Mg、Cu、Fe、Mn、Zn、Se、Ni、Cr、Sr、Cd、Pb、As元素特征标准溶液(1 000 μg/mL);其余均为国产分析纯试剂。

1.1.3 主要仪器和设备 HC-150T2高速多功能粉碎机,永康市绿可食品机械有限公司;KDC-2046低速冷冻离心机,科大创新股份有限公司;KDN-04消化炉、KDN-B凯氏定氮仪,上海新嘉电子有限公司;PHS-3C精密酸度计,上海大普仪器有限公司;ICP-OES Optima 8000电感耦合等离子体发射光谱仪,珀金埃尔默仪器有限公司;L-8900氨基酸自动分析仪,日本日立公司。

1.2 方 法

1.2.1 材料预处理 将新鲜“刷把菌”子实体除杂后,一份立即测定水分含量,另一份于 60 ℃烘干至恒质量、24 000 r/min 粉碎 1 min、过孔径 0.425 mm (40 目)筛,置于干燥器中存放备用。

1.2.2 普通营养成分的测定 水分含量按照 GB 5009.3—2010 采用 105 ℃常压烘干法测定;灰分含量按照 GB 5009.4—2010 采用 550 ℃灰化法测定;粗蛋白含量按照 GB 5009.5—2010 微量凯氏定氮法测定;粗多糖含量采用苯酚-硫酸法^[6]测定;粗脂肪含量按照 GB 5009.6—2003 索氏抽提法测定,粗纤维含量按照 GB 5009.10—2003 中的方法测定。将“刷把菌”上述营养成分含量与疣孢黄枝瑚菌^[7]、真姬菇^[8]、杏鲍菇^[9]、胡萝卜和鸡肉^[10]进行比较。

1.2.3 氨基酸组成和含量的测定 将烘干的子实体样品用 6 mol/L 盐酸在 110 ℃下水解 22 h 后,用日立 L-8900 氨基酸自动分析仪测定,参照 GB/T 5009.124—2003 执行;并与葡萄色顶枝瑚菌氨基酸含量^[5]进行比较。

1.2.4 矿质元素含量的测定 平行称取粉碎后的干样品 5 份,每份 0.5 g(精确至 0.001 g),分别放入 5 个微波消解罐中,加入 6 mL H₂O 湿润后,再加入 3 mL HNO₃、1 mL H₂O₂,将消解罐密封后放入微波消解仪中。消解条件:先升温到 120 ℃,恒温 10 min;再升温到 200 ℃,恒温 30 min,冷却后取上清液。将上述 5 份样品浓缩、合并,并用体积分数 5% HNO₃ 定容于 50 mL 塑料容量瓶中,用 ICP-OES Optima 8000 电感耦合等离子体发射光谱仪测定矿质元素含量。

1.2.5 营养价值评价方法 根据世界卫生组织(WHO)和联合国粮农组织(FAO)建议的人体必需氨基酸均衡模式和鸡蛋蛋白质氨基酸模式,比较氨基酸评分(AAS)、化学评分(CS)和氨基酸指数

(EAAI)^[11],对陕西佛坪野生“刷把菌”的营养价值进行评价,计算公式如下:

$$AAS=\frac{A_x}{A_s}。$$

$$CS=\frac{A_x}{A_{EGG}}。$$

$$EAAI=\sqrt[n]{\frac{A}{A_E}\times\frac{B}{B_E}\times\cdots\times\frac{I}{I_E}}。$$

式中:A_x 为待测蛋白质中某一必需氨基酸的含量;A_s 为 FAO/WHO 评分标准模式中同种氨基酸含量;A_{EGG} 为鸡蛋蛋白质中同种氨基酸含量;n 为参试的必需氨基酸数量;A,B,⋯,I 为待测蛋白质中的必需氨基酸含量;A_E,B_E,⋯,I_E 为鸡蛋蛋白质中的必需氨基酸含量(mg/g)。

氨基酸比值系数法是基于氨基酸平衡理论设计的评价蛋白质营养价值的方法,相比于 AAS 和 CS,其只受 FAO 模式中氨基酸比值的影响,而不受其量的影响^[12]。氨基酸比值系数(RCAA)和氨基酸比值系数分(SRCAA)的计算公式为:

$$RCAA=\frac{\text{氨基酸比值}}{\text{氨基酸比值均数}}。$$

$$SRCAA=100-CV\times 100。$$

式中:氨基酸比值为食物中氨基酸含量相当于模式氨基酸含量的倍数,CV 为 RCAA 的变异系数,CV=标准差/均数。

计算上述参数时,由于蛋氨酸和苯丙氨酸可分别由半胱氨酸和酪氨酸转变而成,所以将其合并计算。

2 结果与分析

2.1 陕西佛坪野生“刷把菌”主要营养成分含量

陕西佛坪野生“刷把菌”主要营养成分含量(质量分数)测定结果见表 1。

表 1 陕西佛坪野生“刷把菌”与其他几种物质主要营养成分含量的比较

Table 1 Comparison of the contents of the main nutrient components between the wild “Shuaba mushroom” and other materials in Foping, Shaanxi Province

材料 Material	水分 Water	灰分 Cellulose	粗蛋白 Crude protein	粗多糖 Polysaccharide	粗脂肪 Crude fat	粗纤维 Crude fiber
“刷把菌” “Shuaba mushroom”	92.75±0.92	14.32±1.02	38.96±0.07	24.90±0.01	4.61±0.21	9.21±0.13
疣孢黄枝瑚菌 <i>Ramaria flava</i>	93.31±5.00	3.05±0.06	35.55±2.10	—	5.20±0.20	—
真姬菇 <i>Hypsizigus mar-moreus</i>	—	7.80	22.30	5.50	3.40	3.20
杏鲍菇 <i>Pleurotus eryngiu</i>	—	6.10	20.00	6.30	3.50	13.28
胡萝卜 Carrot	89.20	0.80	1.00	—	0.20	—
鸡肉 Chicken	69.00	1.00	19.30	—	9.40	—

注:除“刷把菌”外,其他菌种数据来源于参考文献。
Note:The data of other species were from references.

表 1 结果表明,陕西佛坪野生“刷把菌”的水分、灰分、粗蛋白、粗多糖、粗脂肪和粗纤维含量分别为 92.75%,14.32%,38.96%,24.90%,4.61%和 9.21%(均为质量分数)。一般食用菌蛋白质含量在 19%~35%^[13]。说明“刷把菌”的蛋白质含量(38.96%)高于一般食用菌标准,也高于同属野生疣孢黄枝瑚菌 *Ramaria flava*^[7],以及目前市场上销量好、营养成分高的食用菌真姬菇 *Hypsizigus mar-moreus*(22.3%)^[8]和杏鲍菇 *Pleurotus eryngiu*(20%)^[9];其粗多糖含量远高于真姬菇和杏鲍菇;粗脂肪含量低于疣孢黄枝瑚菌;粗纤维含量水平在食用菌中属中等偏上;与日常生活中常见的胡萝卜和鸡肉^[10]比较,陕西佛坪野生“刷把菌”主要营养成分具有明显优势。由此可知,陕西佛坪野生“刷把菌”是一种高蛋白、低脂肪的野生食用菌,营养价值高。

2.2 陕西佛坪野生“刷把菌”子实体的氨基酸组成及评价

2.2.1 氨基酸组成及含量 表 2 结果表明,陕西佛

坪野生“刷把菌”子实体中氨基酸种类较齐全(色氨酸因水解被破坏),共含 17 种氨基酸,氨基酸总量(TAA)为 44.90 g/hg。其中,必需氨基酸(EAA)7 种,总量为 15.90 g/hg,非必需氨基酸(NEAA)10 种,总量为 29.00 g/hg。除苯丙氨酸外,其他氨基酸含量均高于同属野生葡萄色顶枝瑚菌,且远高于真姬菇(EAA 5.29 g/hg、NEAA 8.62 g/hg、TAA 13.91 g/hg)和杏鲍菇(EAA 6.65 g/hg、NEAA 9.18 g/hg、TAA 15.83 g/hg)。陕西佛坪野生“刷把菌”的 7 种 EAA 占 TAA 的 35.41%,EAA/NEAA 为 54.83%,根据 FAO 和 WHO 推荐的理想蛋白质模式,质量较好的蛋白质 EAA 占 TAA 比例应在 40%左右,EAA/NEAA 在 60%以上^[14],陕西佛坪野生“刷把菌”接近这一模式要求。综上可知,陕西佛坪野生“刷把菌”必需氨基酸种类比较齐全,含量较高,有利于补充人体所需氨基酸,是一种比较理想的蛋白质来源。

表 2 陕西佛坪野生“刷把菌”子实体的氨基酸组成及含量

Table 2 Amino acid contents in wild “Shuaba mushroom” in Foping,Shaanxi g/hg

氨基酸 Amino acid	刷把菌 Shuaba mushroom	葡萄色顶枝瑚菌 <i>Ramaria botryris</i>	氨基酸 Amino acid	刷把菌 Shuaba mushroom	葡萄色顶枝瑚菌 <i>Ramaria botryris</i>
谷氨酸 Glu	5.30	2.39	苏氨酸 Thr*	3.20	1.65
丝氨酸 Ser	3.70	—	缬氨酸 Val*	2.70	1.19
组氨酸 His	2.50	1.44	亮氨酸 Leu*	2.80	1.28
精氨酸 Arg	3.60	2.50	苯丙氨酸 Phe*	2.60	4.61
甘氨酸 Gly	2.40	1.08	赖氨酸 Lys*	2.10	1.86
脯氨酸 Pro	1.20	0.05	异亮氨酸 Ile*	2.20	0.47
丙氨酸 Ala	3.20	1.05	蛋氨酸 Met*	0.30	0.12
半胱氨酸 Cys	1.60	0.23	必需氨基酸 Essential amino acid content	15.90	11.18
酪氨酸 Tyr	0.80	0.59	氨基酸总量 Total amino acid content	44.90	22.69
天门冬氨酸 Asp	4.70	2.19			

注:*,为必需氨基酸,表中数据为 100 g 干物质中氨基酸的量;— 无数据,下同。
Note: * indicates essential amino acids,the data is content in 100 g dry matter;— indicates no data. The same below.

2.2.2 营养价值评分 陕西佛坪野生“刷把菌”子实体的营养价值评分见表 3。

表 3 陕西佛坪野生“刷把菌”子实体的营养价值评分

Table 3 Nutritional value scores of wild “Shuaba mushroom” in Foping,Shaanxi mg/g

必需氨基酸 Essential amino acid	“刷把菌” “Shuaba mushroom”	鸡蛋 Protein in egg	FAO/WHO 模式 Amino acid scoring pattern on FAO/AHO	“刷把菌”指标“Shuaba mushroom” index		
				AAS	CS	EAAI
异亮氨酸 Ile	56.47	66	40	1.41	0.86	
亮氨酸 Leu	71.87	88	70	1.03	0.82	
蛋氨酸+半胱氨酸 Met+Cys	48.77	73	35	1.39	0.67	
苯丙氨酸+酪氨酸 Phe+Tyr	87.27	100	60	1.45	0.87	0.95
苏氨酸 Thr	82.14	51	40	2.05	1.61	
缬氨酸 Val	69.30	55	50	1.39	1.26	
赖氨酸 Lys	53.90	64	55	0.98	0.84	
总量 Total	469.71	497	350	1.34	0.95	

表 3 结果表明,以 FAO 和 WHO 提出的理想模式为评价标准,可知陕西佛坪野生“刷把菌”子实体必需氨基酸总量较高,除赖氨酸含量稍低于 FAO/WHO 模式外,其余必需氨基酸含量均高于 FAO/WHO 模式。与鸡蛋相比,“刷把菌”的苏氨酸和缬氨酸含量较高,其余必需氨基酸含量均低于鸡蛋,EAAI 为 0.95,接近于 1。

氨基酸评分(AAS)是目前应用广泛的一种食物蛋白质营养价值评价方法,不仅适用于单一食物蛋白质的评价,还可用于混合食物蛋白质的评价。根据氨基酸平衡理论,必需氨基酸组成越接近 FAO/WHO 的模式谱或者鸡蛋模式谱,该蛋白质品质就越优。化学评分(CS)用来评价待测蛋白质中某一必需氨基酸含量与标准鸡蛋蛋白中该必需氨基酸含量的接近程度。EAAI 体现的不仅是单一的必需氨基酸,而且考虑待测蛋白中所有必需氨基酸相对某种高价参比蛋白质(一般为标准鸡蛋蛋白)中必需氨基酸的比率^[15]。由于陕西佛坪野生“刷把菌”必需氨基酸指数 EAAI 接近于 1,且与标准蛋白的必需氨基酸组成接近,说明其营养丰富、价值甚高。

2.2.3 氨基酸比值系数(RCAA)及氨基酸比值系数分(SRCAA)评价 表 4 结果表明,陕西佛坪野生“刷把菌”子实体中的苏氨酸 RCAA 最高,为 1.48,相对过剩,其余 RCAA 均与氨基酸模式相近,SRCAA 是 74.59。RCAA 是评价蛋白质营养价值的方法,其优点是只受 FAO 模式中氨基酸比值的影响,是评价蛋白质的“质”的指标,比 CS 更能反映蛋

白质的品质。现代营养学理论认为,蛋白质的营养价值与其氨基酸组成密切相关,食物蛋白质中的氨基酸越接近人体蛋白质的组成,且能被人体消化吸收,其营养价值越高。由此可知,陕西佛坪野生“刷把菌”氨基酸的组成合理,含量均衡,营养价值高。

表 4 陕西佛坪野生“刷把菌”的 RCAA 及 SRCAA
Table 4 RCAA and SRCAA of wild “Shuaba mushroom” in Foping,Shaanxi

氨基酸 Amino acid	氨基酸比值系数 RCAA	氨基酸比值系数分 SRCAA
异亮氨酸 Ile	1.02	
亮氨酸 Leu	0.74	
蛋氨酸+半胱氨酸 Met+Cys	1.00	74.59
苯丙氨酸+酪氨酸 Phe+Tyr	1.05	
苏氨酸 Thr	1.48	
缬氨酸 Val	1.00	
赖氨酸 Lys	0.71	

2.2.4 各类氨基酸含量 表 5 结果表明,陕西佛坪野生“刷把菌”鲜味氨基酸(Glu、Asp、Gly、Ala)含量为 15.60 g/hg,支链氨基酸和芳香族氨基酸之比为 2.26。食用菌类的鲜美味道一定程度上取决于其鲜味氨基酸的组成与含量。其中 Glu 和 Asp 为呈鲜味的特征氨基酸,Glu 鲜味最强,而 Gly 和 Ala 是呈甘味的特征氨基酸^[16]。人体的正常支链氨基酸和芳香族氨基酸比值为 3.0~3.5,当肝脏受损时,则降为 1.0~1.5。高支链氨基酸、低芳香族氨基酸及混合物具有保肝作用^[17]。由上可知,陕西佛坪野生“刷把菌”子实体中各类氨基酸组成丰富,具有浓郁的香味,且可能对肝脏具有保护作用。

表 5 陕西佛坪野生“刷把菌”子实体中各类氨基酸的含量
Table 5 Contents of different amino acids in wild “Shuaba mushroom” in Foping,Shaanxi g/hg

指标 Index	酸性氨基酸 Acidic AA	碱性氨基酸 Basic AA	鲜味氨基酸 Delicious AA	支链氨基酸 Branched chain AA	芳香族氨基酸 Aromatic AA
含量 Content	10.00	8.20	15.60	7.70	3.40

2.3 陕西佛坪野生“刷把菌”子实体中的矿物质元素含量

对陕西佛坪“刷把菌”与其他几种食用菌中矿物

质元素含量进行测定,以此评价“刷把菌”的营养价值,结果见表 6。

表 6 陕西佛坪野生“刷把菌”与其他几种食用菌中矿物质元素含量的比较
Table 6 Comparison of mineral elements in several edible of wild “Shuaba mushroom” species in Foping,Shaanxi mg/hg

材料 Material	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	Se	Ni	Cr	Sr
“刷把菌” “Shuaba mushroom”	76.10	43.23	4.04	10.82	4.72	18.63	2.53	0.52	0.14	0.20
葡萄色顶枝瑚菌 <i>Ramaria botrytis</i>	90.00	41.30	6.43	7.73	—	3.17	—	—	—	—
疣孢黄枝瑚菌 <i>Ramaria flava</i>	—	—	1.76	3.02	2.28	37.00	—	—	—	—

表 6 结果表明,陕西佛坪野生“刷把菌”子实体中含丰富的矿物质元素,尤以 Zn 和 Se 微量元素含

量较高,分别为 18.63,2.53 mg/hg,为富硒食用菌。子实体中除含有 Ca、Mg 等大量元素维持体内正常生命活动和生长发育外,还含有人体必需的 Fe、Zn、Mn、Cu 等多种微量元素,它们在生物体内是各种激素、维生素、酶及核酸的重要组成部分,是许多酶系统的活化剂或辅助因子,甚至是组织的构成部分,参与生命物质的代谢^[18]。其符合国家《食用菌卫生标准 GB 7096—2014》和《绿色食品食用菌标准 NY/T 749—2012》,且未检测到 Cd、Pb、As 重金属元素。说明陕西佛坪野生“刷把菌”富含 Ca、Mg、Cu、Fe、Mn、Zn、Se、Ni 和 Sr 等矿物元素,且不含 Cd、Pb、As 重金属元素。

3 讨 论

陕西佛坪野生“刷把菌”子实体样品粗蛋白质含量为 38.96%,粗多糖含量为 24.90%,粗纤维含量为 9.21%。蛋白质作为一种营养素,是人类所需营养物质中最主要的成分之一,其含量是衡量食品营养价值的主要指标。食用菌多糖在抑菌、降低血糖方面具有独特的生理功能,粗纤维即膳食纤维,可以帮助消化并促进肠胃的转运功能。陕西佛坪野生“刷把菌”的灰分、粗脂肪含量较低,粗蛋白丰富,是一种营养价值高的野生菌。

人体必需氨基酸含量的高低和组成比例,是决定蛋白质营养价值的重要因素。陕西佛坪野生“刷把菌”子实体样品的 EAA/TAA 为 35.41%,EAA/NEAA 为 54.83%,均接近 FAO 和 WHO 推荐的理想蛋白质模式。本研究采用国际通用的营养评价方法,对陕西佛坪野生“刷把菌”食用菌蛋白质营养价值采用 AAS、CS、EAAI 和 SRCAA 进行评价,综合以上几项评价指标,结果均显示其是一种营养价值高的野生食用菌资源。其鲜味氨基酸总量为 15.60 g/hg,这是其具有良好口感和浓郁香味的重要原因,且支链氨基酸与芳香族氨基酸之比适宜,可能对肝具有保护作用。

Zn 是人体内多种酶的辅基或是酶的激活剂,参与调控葡萄糖在细胞膜上运转,对体内营养的转运及吸收有着重要作用^[19]。Se 是人体必需的微量元素之一,是构成谷胱甘肽过氧化物酶的主要成分,具有保护细胞膜结构及功能不受过氧化物损害及干扰的作用,可用于治疗和预防肿瘤、癌症等多种疾病^[20]。Se 缺乏在国内外广泛存在并被充分认识,可通过食用富 Se 食品达到满足人体和动物 Se 营养要求的目的^[21]。陕西佛坪野生“刷把菌”子实体样品

中 Zn 和 Se 等微量元素含量丰富,分别为 18.63 和 2.53 mg/hg。其中,Zn 元素含量是葡萄色顶枝瑚菌的 5.88 倍,低于疣孢黄枝瑚菌,但比谷物、蔬菜、水果、肉类等大多数食品高;Mn 元素和 Cu 元素分别是疣孢黄枝瑚菌的 2.07,2.30 倍;未检测到 Cd、Pb 和 As 重金属元素。说明可将陕西佛坪野生“刷把菌”作为补充 Zn 和 Se 元素的无污染天然珍稀食用菌。

[参考文献]

- [1] 陈 琰,王 颖,陈文强. 陕西佛坪“刷把菌”子实体多糖提取工艺及抗菌活性 [J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2017,45(5):191-196.
Chen Y, Wang Y, Chen W Q. Study on the extraction and antimicrobial activity of “Shuaba mushroom” polysaccharide from Foping, Shaanxi [J]. Journal of Northwest A&F University (Natural Science Edition), 2017,45(5):191-196.
- [2] 常正尧,吴亚楠,李永芳,等. 珊瑚菌抗乳腺癌作用的研究 [J]. 时珍国医国药, 2013,24(1):152-154.
Chang Z Y, Wu Y N, Li Y F, et al. Study on anti-breast cancer effect of *Ramaria botrytoides* [J]. Lishizhen Medicine and Materia Medica Research, 2013,24(1):152-154.
- [3] 刘 坤,王俊丽,赵 乐,等. 疣孢黄枝瑚菌化学成分研究 [J]. 中国药学杂志, 2012,47(16):1285-1288.
Liu K, Wang J L, Zhao L, et al. Chemical constituents of *Ramaria flava* [J]. Chinese Pharmaceutical Journal, 2012, 47(16):1285-1288.
- [4] 李 华,窦小兰,陆启玉. 葡萄状枝瑚菌粗多糖的提取及其清除 DPPH 自由基活性 [J]. 食用菌学报, 2012,19(3):69-72.
Li H, Dou X L, Lu Q Y. Optimization of selected parameters affecting the extraction of DPPH radical-scavenging polysaccharide from *Ramaria botrytis* fruit bodies [J]. Acta Edulis Fungi, 2012,19(3):69-72.
- [5] 陈文强,胥成浩. 葡萄色顶枝瑚菌中矿质元素及氨基酸含量的测定 [J]. 氨基酸和生物资源, 2001,23(3):7-8.
Chen W Q, Xu C H. Determination of mineral elements and amino acids in *Ramaria botrytis* [J]. Amino Acids & Biotic Resources, 2001,23(3):7-8.
- [6] 王丽娟,张 飞,苗玉洁. 珊瑚菌多糖的提取及其对羟自由基的清除作用研究 [J]. 食品工业, 2012(10):43-46.
Wang L J, Zhang F, Miao Y J. Research on the extraction of *Ramaria botrytoides* polysaccharide and the scavenging effect on the hydroxyl free radicals [J]. The Food Industry, 2012(10):43-46.
- [7] Colak A, Özlem F. Nutritional composition of some wild edible mushrooms [J]. Türk Biyokimya Dergisi, 2008,34(1):25-31.
- [8] 王耀松,邢增涛,冯志勇,等. 真姬菇营养成分的测定与分析 [J]. 菌物研究, 2006(4):33-37.
Wang Y S, Xing Z T, Feng Z Y, et al. Determination and analysis of major nutritional components in *Hypsizygus marmoreus* fruitbodies [J]. Journal of Fungal Research, 2006(4):33-37.
- [9] 颜明娟,江枝和,蔡顺香. 杏鲍菇营养成分的分析 [J]. 食用菌,

- 2002(2):11-12.
- Yan M J, Jiang Z H, Cai S X. Analysis of nutritional components of *Pleurotus eryngiu* [J]. Edible Fungus, 2002(2):11-12.
- [10] 王亚光. 食物成分表(全国代表值) [M]. 北京:人民卫生出版社, 1991.
- Wang Y G. Food composition table (national representative value) [M]. Beijing: People's Health Publishing House, 1991.
- [11] 杨 娜, 吴莉莉, 杨欢欢, 等. 黄金鲈肌肉营养成分与品质的评价 [J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2014, 42(8): 132-137.
- Yang H, Wu L F, Yang H H, et al. Evaluation of nutrient components and quality in the muscle of *Perca flavescens* [J]. Journal of Northwest A&F University (Natural Science Edition), 2014, 42(8):132-137.
- [12] 罗正明, 刘秀丽, 贾艳青, 等. 四种五台山野生食用菌蛋白质营养价值评价 [J]. 食品工业科技, 2015, 36(2):349-354.
- Luo Z M, Liu X L, Jia Y Q, et al. Protein full assessments of four kinds of wild edible fungi in Mount Wutai [J]. Science and Technology of Food Industry, 2015, 36(2):349-354.
- [13] 史琦云, 邵威平. 八种食用菌营养成分的测定与分析 [J]. 甘肃农业大学学报, 2003, 38(3):336-339.
- Shi Q Y, Shao W P. Determination of nutritive components of eight edible fungi [J]. Journal of Gansu Agricultural University, 2003, 38(3):336-339.
- [14] 郑 义, 赵节昌, 李 勇, 等. 东方栓孔菌子实体营养成分与生物活性物质分析 [J]. 食品科学, 2016, 37(10):139-143.
- Zheng Y, Zhao J C, Li Y, et al. Analysis of nutrients and bio-active compounds in fruiting bodies of *Trametes orientalis* (Yasuda) Imazeki [J]. Food Science, 2016, 37(10):139-143.
- [15] 彭智华, 龚敏方. 蛋白质的营养评价及其在食用菌营养评价上的应用 [J]. 食用菌学报, 1996, 3(3):56-64.
- Peng Z H, Gong M F. Protein nutrition in nutrition evaluation and its application evaluation of edible fungi [J]. Acta Edulis Fungi, 1996, 3(3):56-64.
- [16] 马长中, 罗 章, 辜雪冬. 林芝砖红绒盖牛肝菌的营养成分分析及评价 [J]. 食品科学, 2016, 37(24):124-129.
- Ma C Z, Luo Z, Gu X D. Chemical composition and nutritional evaluation of *Xerocomus spadiceus* from Linzhi City of Tibet [J]. Food Science, 2016, 37(24):124-129.
- [17] 李 晓, 张士颖, 李 玉. 灰离褶伞子实体营养成分测定与评价 [J]. 北方园艺, 2010(6):198-201.
- Li X, Zhang S Y, Li Y. Determination and evaluation of nutritional components in *Lyophyllum cinerascens* fruit-bodies [J]. Northern Horticulture, 2010(6):198-201.
- [18] 钟秀倩, 钟俊辉. 微量元素与人体健康 [J]. 现代预防医学, 2007, 34(1):61-63.
- Zhong X Q, Zhong J H. Trace elements and human health [J]. Modern Preventive Medicine, 2007, 34(1):61-63.
- [19] Frossard E, Bucher M, Machler F, et al. Potential for increasing the content and bioavailability of Fe, Zn, and Ca in plants for human nutrition [J]. Journal of the Science of Food & Agriculture, 2000, 80(7):861-879.
- [20] 邹立扣, 潘 欣, 岳爱玲, 等. 四川省鸡枞菌氨基酸组成及硒元素含量分析 [J]. 食品科学, 2011, 32(14):245-248.
- Zou L K, Pan X, Yue A L, et al. Analysis of amino acid composition and Se content in different species of termitomyces grown in Sichuan [J]. Food Science, 2011, 32(14):245-248.
- [21] 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.
- Chen L C, Zhang Y. Research status of trace element selenium and food intensification [J]. Food Science, 2002, 23(10):134-137.
- (上接第 50 页)
- [24] Grassini P, Thorburn J, Burr C, et al. High-yield irrigated maize in the Western U. S. Corn-Belt: I. On-farm yield, yield-potential, and impact of management practices [J]. Field Crop Research, 2011, 120:142-150.
- [25] 姜凤超, 王玉柱, 孙浩元, 等. 宽窄行种植对桃树光照分布与果实产量和品质的影响 [J]. 干旱地区农业研究, 2015, 33(1):165-169.
- Jiang F C, Wang Y Z, Sun H Y, et al. Effects of wide and narrow row planting system on light distribution and quality & yield of peach [J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2015, 33(1):165-169.
- [26] 武志海, 高 娃, 金鸿明, 等. 不同施氮水平下 3 种类型粳稻光合特性及干物质积累分析 [J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2016, 44(8):75-82.
- Wu Z H, Gao W, Jin H M, et al. Photosynthesis and dry matter accumulation characteristics of 3 japonica rice varieties under different nitrogen levels [J]. Journal of Northwest A&F University (Nat Sci Ed), 2016, 44(8):75-82.
- [27] 张 珂, 何明珠, 李新荣, 等. 阿拉善荒漠典型植物叶片碳、氮、磷化学计量特征 [J]. 生态学报, 2014, 34(22):6538-6547.
- Zhang K, He M Z, Li X R, et al. Foliar carbon, nitrogen and phosphorus stoichiometry of typical desert plants across the Alashan Desert [J]. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(22):6538-6547.
- [28] 李 晶, 姜远茂, 魏绍冲, 等. 不同施氮水平苹果矮化中间砧幼树光合产物的周年分配利用 [J]. 植物营养与肥料学报, 2015, 21(3):800-806.
- Li J, Jiang Y M, Wei S C, et al. Annual utilization and allocation of urea-13C by *M. hupehensis* Rehd under different N rates [J]. Journal of Plant Nutrition and Fertilizer, 2015, 21(3):800-806.
- [29] 李明霞, 耿桂俊, 白岗栓, 等. 更新修剪对盛果末期苹果光合能力及果实品质的影响 [J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2011, 39(1):179-185.
- Li M X, Geng G J, Bai G S, et al. Effect of renewal pruning on apple photosynthetic ability and fruit quality in final full productive stage [J]. Journal of Northwest A&F University (Nat Sci Ed), 2011, 39(1):179-185.