

林芝砖红绒盖牛肝菌的营养成分分析及评价

马长中, 罗章, 辜雪冬*

(西藏农牧学院食品科学学院, 西藏 林芝 860000)

摘要: 对2份林芝砖红绒盖牛肝菌样品, 进行主要营养成分、氨基酸及矿物质分析, 并与其他牛肝菌进行营养学对照评价。结果表明, 砖红绒盖牛肝菌的主要成分为蛋白质和粗纤维, 占43.29%, 粗纤维含量为13.73%, 在几种牛肝菌中较高。粗脂肪含量较低, 平均含量为4.55%。氨基酸组成均衡, 必需氨基酸占总氨基酸的39.10%, 必需氨基酸与非必需氨基酸的比值为0.64; 鲜味氨基酸占总氨基酸31.80%, 药用氨基酸占总氨基酸59.33%; 谷氨酸、天冬氨酸、丙氨酸、亮氨酸含量相对较高; 第1限制性氨基酸为蛋氨酸和半胱氨酸。富含矿物质, 其中K、Ca、Fe、Zn、Se等含量高, 尤其是Ca、Se含量高于其他牛肝菌, Hg和Pb未检出, Cd和As的含量符合国家标准所规定范围。因此, 砖红绒盖牛肝菌是一种高膳食纤维、高蛋白、低脂肪、富含矿物质的野生食用菌。

关键词: 砖红绒盖牛肝菌; 营养评价; 氨基酸; 矿物质

Chemical Composition and Nutritional Evaluation of *Xerocomus spadiceus* from Linzhi City of Tibet

MA Changzhong, LUO Zhang, GU Xuedong*

(College of Food Science, Tibet Agricultural and Animal Husbandry College, Linzhi 860000, China)

Abstract: The main nutritional components, amino acids and minerals in two samples of *Xerocomus spadiceus* from Linzhi city of Tibet were analyzed, and their nutritional values were evaluated in comparison with those of other boletus such as *Boletus edulis*, *B. aereus* and *B. speciosus* as well as *Leccinum crocipodium*. The results showed that proteins and crude fibers were the predominant components of *X. spadiceus*, with a total content of 43.29% and its crude fiber content was 13.73%, which was higher than that of other boletus species and *Leccinum crocipodium*. *X. spadiceus* had lower crude fat content with an average of 4.55%. In addition, *X. spadiceus* possessed a well-balanced amino acid composition with a ratio of essential to total amino acids of 39.10% and a ratio of essential to non-essential amino acids of 0.64, and with umami-taste and medicinal amino acids accounting respectively for 31.80% and 59.33% of the total amino acids. Glutamic acid, aspartic acid, alanine and leucine were the dominant amino acids in *X. spadiceus*. Methionine and cysteine were the first limiting amino acids. *X. spadiceus* was rich in minerals, especially potassium, calcium, iron, zinc, and selenium. Moreover, the contents of calcium and selenium in *X. spadiceus* were higher than in other tested mushrooms. Mercury and lead were not detected and the levels of cadmium and arsenic in *X. spadiceus* were within the range stipulated in the national standard of China. Therefore, *X. spadiceus* is a wild edible mushroom high in dietary fiber and protein, low in fat, and rich minerals.

Key words: *Xerocomus spadiceus*; nutritional evaluation; amino acid; minerals

DOI:10.7506/spkx1002-6630-201624019

中图分类号: TS201.4

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2016)24-0124-06

引文格式:

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. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201624019. <http://www.spkx.net.cn>

MA Changzhong, LUO Zhang, GU Xuedong. Chemical composition and nutritional evaluation of *Xerocomus spadiceus* from Linzhi city of Tibet[J]. Food Science, 2016, 37(24): 124-129. (in Chinese with English abstract) DOI:10.7506/spkx1002-6630-201624019. <http://www.spkx.net.cn>

砖红绒盖牛肝菌 (*Xerocomus spadiceus*), 伞菌目 (Agaricales), 牛肝菌科 (Boletaceae), 绒盖牛肝菌属

(*Xerocomus*), 是一种具有较高经济价值的食用真菌。云南、贵州、西藏、山西、四川、湖南、福建和广西有

收稿日期: 2016-05-16

基金项目: 西藏野生特色生物资源开发平台资助项目 (kypt2014-04)

作者简介: 马长中 (1975—), 男, 副教授, 硕士, 研究方向为高原特色农畜产品加工及贮藏。E-mail: 1308528004@qq.com

*通信作者: 辜雪冬 (1978—), 男, 副教授, 硕士, 研究方向为西藏特色农畜产品加工与卫生。E-mail: 498642638@qq.com

分布,与栎类树种形成外生菌根,含17种氨基酸及11种矿物质元素^[1]。李泰辉^[2]、邓利君^[3]、刘小娇^[4]、张艳秋^[5]等对牛肝菌资源的研究均表明西藏林芝产砖红绒盖牛肝菌,生境为高山栎灌丛、高山松林。砖红绒盖牛肝菌具有生物活性物质凝集素,它具有增强机体免疫力和抗肿瘤作用^[6-7],经常食用,有利于人体健康。相关文献对美味牛肝菌^[8-10]、铜色牛肝菌^[11]、小美牛肝菌^[11]和黄皮疣柄牛肝菌的营养成分^[11-12]均有报道,但对砖红绒盖牛肝菌的营养成分分析及评价鲜有报道。因此,本研究主要对林芝砖红绒盖牛肝菌的营养成分进行分析和评价,以期对野生食用菌的综合开发提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

砖红绒盖牛肝菌:2015年8月,采自林芝百巴镇样品(以下用HB表示),采自林芝觉木村样品(以下用HJ表示),由西藏农牧学院生态所徐阿生教授鉴定。测水分后,样品烘干,粉碎细后,置广口瓶内备用。

甲醇、乙腈(均为色谱纯) 迪马科技有限公司;19种氨基酸(色谱纯)标品 上海源叶生物科技有限公司;汞、砷标液 济南众标科技有限公司;12种元素标液 中国钢铁研究院;其他试剂均为国产分析纯。

1.2 仪器与设备

JK-5000超声清洗机 合肥金力克机械公司;SDZ-DIII循环水真空泵 上海羌强仪器设备有限公司;UPH-II-10L超纯水机 成都优越科技有限公司;MS-105电子天平、Easy Plus pH计 瑞士梅特勒公司;DZF-6020真空干燥箱 四川普瑞赛斯仪器公司;1260高效液相色谱仪(配紫外检测器和Rev.A.01.04色谱工作站) 美国安捷伦公司;AA7003原子吸收分光光度计、HG-01氢化物发生器 北京东西分析仪器有限公司;2102PCS紫外-可见光分光光度计 尤尼柯(上海)仪器有限公司;SH-220石墨消解仪 济南海能仪器股份有限公司;HG-10-4B陶纤马福炉 上海禾工科学仪器有限公司;FIWE3纤维测定仪 意大利VELP公司。

1.3 方法

1.3.1 营养成分测定

粗脂肪含量测定:参照GB/T 14772—2008《食品中粗脂肪的测定》;蛋白质含量测定:参照GB 5009.5—2010《食品中蛋白质的测定》凯氏定氮法;水分含量测定:参照GB 5009.3—2010《食品中水分的测定》直接干燥法;总糖含量测定:参照GB/T 15672—2009《食用菌中总糖含量的测定》;灰分含量测定:参照GB 5009.4—2010《食品中灰分的测定》;粗纤维含量测定:参照GB/T 5009.10—2003《植物类食品中粗纤维的测定》。

1.3.2 氨基酸测定

1.3.2.1 氨基酸检测

样品经6 mol/L盐酸水解后,处理衍生,19种氨基酸检测采用2,4-二硝基氟苯衍生的高效液相法^[13]。

色谱条件:Elite AAK C₁₈色谱柱(4.6 mm×250 mm, 4.6 μm);流动相,B为0.05 mol/L乙酸钠溶液(pH 6.4~6.8, 10 mL/L N,N-二甲基甲酰胺溶液),A为乙腈溶液(50:50, V/V);梯度洗脱程序:0~0.3 min, 16% B;0.3~9.5 min, 16~31% B;9.5~17 min, 31~59% B;17~28 min, 59~65% B;28~34 min, 65~100% B;34~36 min, 100% B;36~38 min, 100~16% B。流速1.2 mL/min;进样量20 μL;检测波长360 nm;柱温25℃;检测一个样品的时间为45 min。

样品经6 mol/L NaOH溶液水解后,处理显色,色氨酸检测采用对二甲氨基苯甲醛比色法^[14]。

1.3.2.2 氨基酸评价

根据1985年世界卫生组织推荐的氨基酸评分模式^[15]为基准,按式(1)、(2)计算砖红牛肝菌中蛋白质的氨基酸价(成人需要量和10~12岁需要量)和化学评分(chemical score, CS)。

$$\text{氨基酸价}/\% = \frac{\text{被测氨基酸含量}/(\text{mg/g蛋白质})}{\text{理想模式氨基酸含量}/(\text{mg/g蛋白质})} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{CS} = \frac{\text{被测氨基酸含量}/(\text{mg/g蛋白质})}{\text{鸡蛋氨基酸含量}/(\text{mg/g蛋白质})} \quad (2)$$

1.3.3 矿物质元素含量测定

K、Ca、Na、Mg、Fe、Cu、Zn、Mn元素含量测定采用火焰原子吸收法^[16],Cr、Cd、Pb元素含量测定采用石墨炉原子吸收法^[17-19],As、Hg、Se元素含量测定采用氢化物发生原子吸收法^[20],原子吸收按各个元素的最好条件测定。

1.4 数据处理

对样品主要营养成分和矿物质元素的某一成分含量(为均数)与其他牛肝菌的相应成分含量进行比较,采用Origin 8.0统计分析进行单样本T检验($\alpha=0.01$ 和 $\alpha=0.05$),检验是否存在显著差异。

2 结果与分析

2.1 营养成分分析

表1 砖红绒盖牛肝菌与其他牛肝菌营养成分含量

Table 1 Nutritional components in *Xerocomus spadicus* and other boletus

种类	蛋白质含量	粗纤维含量	粗脂肪含量	总糖含量	灰分含量	水分含量
砖红绒盖牛肝菌 HB	29.11**	14.47	4.60**	6.94	7.91	90.59
牛肝菌 HJ	30.01**	12.99	4.50**	10.32	6.36	90.97
泰山美味牛肝菌 ^[8]	35.32	7.28	3.60	ND	9.74	ND
巴山美味牛肝菌 ^[9]	31.81	10.56	3.52	ND	7.37	9.39
铜色牛肝菌 ^[11]	34.70	15.42	1.93	ND	7.70	90.6
小美牛肝菌 ^[11]	35.80	18.75	2.56	ND	6.82	89.5
云南美味牛肝菌 ^[8]	33.53	5.91	2.96	11.89	6.16	87.3
黄皮疣柄牛肝菌 ^[12]	35.10	12.53	1.40	9.33	5.51	88.86

注:ND.未检测;*.差异显著($P<0.05$);**.差异极显著($P<0.01$)。下同。

由表1可知, 2份样品含丰富的水分(平均含量90.78%); 蛋白质较为丰富, 平均含量高达29.56%, 砖红绒盖牛肝菌是供给蛋白质的主要来源; 粗纤维含量较为丰富, 平均含量高达13.73%; 粗脂肪含量较低(平均含量4.55%), 砖红绒盖牛肝菌可搭配脂肪较为丰富的食物, 例如猪肥肉, 可以弥补它的脂肪不足; 总糖平均含量为8.63%, 灰分平均含量为7.14%。因此, 砖红绒盖牛肝菌是低脂肪、较高能量、高蛋白、富含矿物源的食用菌。

2.2 氨基酸组成分析及评价

2.2.1 氨基酸组成分析

表2 砖红绒盖牛肝菌(干制品)氨基酸组成
Table 2 Amino acid components in *Xerocomus spadiceus*
(on a dry weight basis)

NEAA	含量		EAA	含量	
	HB	HJ		HB	HJ
天冬氨酸(Asp)	1.51	1.43	赖氨酸(Lys)	0.93	0.82
谷氨酸(Glu)	2.64	2.41	色氨酸(Trp)	0.78	0.91
甘氨酸(Gly)	0.81	0.83	苯丙氨酸(Phe)	0.67	0.65
丙氨酸(Ala)	1.23	1.28	蛋氨酸(Met)	0.22	0.25
半胱氨酸(Cys)	0.10	0.10	苏氨酸(Thr)	0.97	1.03
酪氨酸(Tyr)	0.48	0.71	亮氨酸(Leu)	1.07	1.04
组氨酸(His)	0.43	0.43	异亮氨酸(Ile)	0.86	0.88
精氨酸(Arg)	1.02	0.90	缬氨酸(Val)	0.80	0.80
脯氨酸(Pro)	0.80	0.79	总EAA	6.30	6.39
丝氨酸(Ser)	0.93	0.93	TAA	16.25	16.21
羟脯氨酸(Hyp)	—	—	EAA/TAA	38.78	39.42
总NEAA	9.95	9.82	EAA/NEAA	63.00	65.00
鲜味氨基酸	5.30	5.02	鲜味氨基酸/TAA	32.62	30.97
药用氨基酸	9.77	9.49	药用氨基酸/TAA	60.12	58.54

注: —, 未检出。下同。

由表2可知, 2份样品均含有18种氨基酸, 其中非必需氨基酸(non-essential amino acid, NEAA) 10种, 必需氨基酸(essential amino acid, EAA) 8种, 不含羟脯氨酸。

HB和HJ总氨基酸(total amino acid, TAA) 分别为16.25%、16.21%(均值16.23%), EAA分别为6.30%、6.39%(均值6.34%), NEAA分别为9.95%、9.82%(均值9.88%), EAA/TAA分别为38.78%、39.42%(均值为39.10%), EAA/NEAA分别为0.63、0.65(均值0.64)。砖红绒盖牛肝菌所含氨基酸种类与其他牛肝菌基本相似, 以谷氨酸和天冬氨酸居多。砖红绒盖牛肝EAA的构成比例符合“EAA/TAA的比值在40%左右, EAA/NEAA的比值应该在0.6以上^[21]”的蛋白质氨基酸组成模式要求, 表明其蛋白由质量较好的氨基酸组成且组成均衡。

谷氨酸、天冬氨酸、蛋氨酸和丝氨酸为鲜味氨基酸^[22]。2份样品谷氨酸含量为2.64%、2.41%(均值2.52%), 天冬氨酸含量为1.51%、1.43%(均值1.47%), 4种鲜味氨基酸占TAA的32.62%、30.97%(均值31.80%)。因此, 砖红绒盖牛肝菌有浓郁的鲜味, 可作为良好的鲜味调味品。

谷氨酸、天冬氨酸、精氨酸、甘氨酸、苯丙氨酸、酪氨酸、蛋氨酸、亮氨酸、赖氨酸9种氨基酸, 一般植物中含量少, 有些人体不能合成, 但又是维持机体氮平衡所必需的, 称为药用氨基酸^[23]。在这些药用氨基酸中, 2份样品氨基酸含量取均值, 谷氨酸(2.52%)最高, 其次为天冬氨酸(1.47%)、丙氨酸(1.26%)、亮氨酸(1.06%), 这4种药用氨基酸占TAA的38.85%, 其余5种药用氨基酸占TAA的20.48%, 9种药用氨基酸占TAA的59.33%。砖红绒盖牛肝菌药用氨基酸平均含量为9.63%, 以谷氨酸、天冬氨酸、丙氨酸和亮氨酸居多, 药用氨基酸占总氨基酸的比例高, 因此, 它可作为药用氨基酸的食物源。

2.2.2 氨基酸评价结果

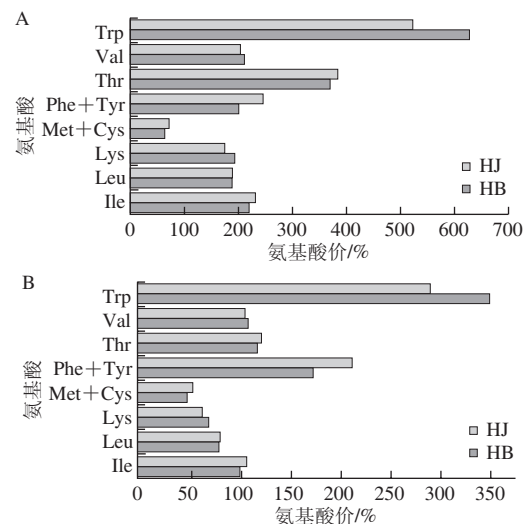


图1 砖红绒盖牛肝菌成人需要量(A)和10~12岁需要量(B)的氨基酸评价

Fig. 1 Amino acid scores of proteins in *Xerocomus spadiceus* for the requirements of adult (A) and 10 to 12 year-old (B) population

蛋白质的氨基酸价越接近100%, 其越接近人体需要, 营养价值也越高。据1985年世界卫生组织推荐的氨基酸模式(成人需要量)对氨基酸评价, 如图1A所示。2份样品的第1限制性氨基酸为含硫氨基酸(蛋氨酸+半胱氨酸), 除它外, 其余氨基酸价都大于170%, 氨基酸营养价值不高。据氨基酸价结果, 对于成人的EAA需要量, 砖红绒盖牛肝菌膳食搭配含硫氨基酸丰富的食物是合理的。谷类、甜薯、猪肉和牛肉的蛋白质(按16 g氮计)含硫氨基酸总量分别为4.10%、4.19%、3.68%和3.67%, 鱼类和其他水产动物食品含量为3.32%和3.24%^[24], 砖红绒盖牛肝菌膳食搭配谷类、甜薯、猪肉、牛肉、鱼类等, 膳食的氨基酸营养相对均衡, 可使不同种类食物的氨基酸得到互补, 提高其蛋白质营养价值。

据1985年世界卫生组织推荐的氨基酸模式(10~12岁需要量)对氨基酸评价。由图1B可知, 2份

样品的第1限制性氨基酸与成人需要量相同,第2限制性氨基酸为赖氨酸。亮氨酸、异亮氨酸、苏氨酸和缬氨酸的氨基酸价接近100%,这4种氨基酸接近10~12岁的人体需要,营养价值高。据氨基酸价结果,对于10~12岁的EAA需要量,砖红绒盖牛肝菌膳食搭配富含硫氨酸和赖氨酸的食物是合理的,在成人搭配的基础上还搭配山药、银杏和豆腐皮等,使氨基酸得到互补,提高其蛋白营养价值。

表3 砖红绒盖牛肝菌(干制品)EAA的化学评价
Table 3 Chemical scores of essential amino acids in *Xerocomus spadiceus* (on a dry weight basis)

项目	Ile	Leu	Lys	Met+Cys	Phe+Tyr	Thr	Val	Trp
鸡蛋白模式 ^[14] (mg/g蛋白质)	54	86	70	57	93	47	66	17
HB/(mg/g蛋白质)	28.57	35.77	30.81	10.68	38.18	33.33	27.45	31.42
HJ/(mg/g蛋白质)	30.14	35.94	28.10	12.24	46.74	34.50	26.56	26.15
CS(HB)	0.53	0.42	0.44	0.19	0.41	0.71	0.42	1.85
CS(HJ)	0.56	0.42	0.40	0.21	0.50	0.73	0.40	1.54
CS平均值	0.54	0.42	0.42	0.20	0.46	0.72	0.41	1.69

由表3可知,含硫氨基酸(蛋氨酸+半胱氨酸)为第1限制性氨基酸,缬氨酸为第2限制性氨基酸。除苏氨酸和色氨酸外,其他氨基酸的CS为0.19~0.56,砖红绒盖牛肝菌的营养价不高。其色氨酸的CS最高(1.69),可搭配色氨酸缺乏的食物,如玉米,提高其营养价值。

砖红绒盖牛肝菌的氨基酸评价,从以上3种模式(成人需要量、10~12岁需要量和鸡蛋白)看,第1限制性氨基酸都为含硫氨酸(蛋氨酸+半胱氨酸),第2限制性氨基酸存在差异,是由于参考模式的氨基酸量有差异造成的。色氨酸的评价都是最高的,砖红绒盖牛肝菌可作为色氨酸的食物源。色氨酸具有调节蛋白质合成,缺乏会导致体液免疫功能的降低,还能促进胃液和胰液的产生,促进人体消化功能^[25],砖红绒盖牛肝菌有利于人体健康。砖红绒盖牛肝菌的EAA比较适合10~12岁的人体需要。

2.3 矿物质元素分析

如表4所示,砖红绒盖牛肝菌含K、Ca、Na、Mg等常量元素,其中2份样品的Ca含量分别为0.29 g/100 g和0.39 g/100 g,为富Ca的食用菌。含人体必需的Fe、Cu、Zn、Mn、Se、Cr等微量元素,其中2份样品的Se含量分别为4.21 mg/kg和2.22 mg/kg,为富Se的食用菌。含痕量Cd和As,Cd和As含量在国家标准限值以内,经常食用不会对身体产生不利的影响,不含Hg和Pb。

表4 砖红绒盖牛肝菌和其他牛肝菌中矿质元素含量(干制品)
Table 4 Mineral contents in *Xerocomus spadiceus* and other boletus (on a dry weight basis)

类别	矿物质元素	HB	HJ	泰山美味牛肝菌 ^[8]	巴山美味牛肝菌 ^[9]	小美牛肝菌 ^[11]	铜色牛肝菌 ^[11]	黄皮疣柄牛肝菌 ^[11]	美味牛肝菌 ^[11]
常量元素	K	1.04**	0.80**	ND	ND	2.81	3.10	2.18	3.07
	Ca	0.29*	0.39**	0.129	0.38	0.04	0.02	0.02	0.05
	Na	417.41**	354.58**	ND	ND	15.24	13.83	15.53	21.43
	Mg	464.54	342.67	1 000	2 216	857.14	851.06	776.70	102.04
	Fe	459.70*	267.33	410	213	161.9	223.40	135.92	214.29
微量元素	Cu	34.36	35.80	21.6	34.2	40.95	39.36	33.98	32.65
	Zn	104.53	100.13	65.7	124	160.00	126.60	103.88	100.00
	Mn	11.89	20.24	10.4	63.3	15.24	18.09	27.18	19.39
	Se	4.21**	2.22**	ND	ND	0.24	0.36	0.36	0.26
	Cr	0.48	0.91	ND	ND	ND	ND	ND	ND
限量元素	Cd	0.21	0.16	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	As	—	0.034	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Pb	—	—	ND	0.82	ND	ND	ND	ND
	Hg	—	—	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Cd	0.5 mg/kg (以Cd计)(食用菌制品(姬松茸制品除外))							
限量值 ^[26]	As	1.0 mg/kg (总As计)(食用菌及其制品)							
	Pb	1.0 mg/kg (以Pb计)(食用菌及其制品)							
	Hg	0.1 mg/kg (以总Hg计)(食用菌及其制品)							

注:K和Ca的单位为g/100 g;Na的单位为mg/100 g;其余元素的单位为mg/kg。

3 讨论

3.1 营养成分评价

由表1可知,各种牛肝菌中的蛋白质含量随品种的不同变化较大,HB和HJ中蛋白含量分别为29.11%、30.01%,与其他6种相比,HB蛋白含量低2.70%~6.69%,HJ蛋白含量低1.80%~5.79%。蛋白的T检验结果表明,2种砖红绒盖牛肝菌差异极显著($P<0.01$),砖红绒盖牛肝菌的蛋白含量比其他牛肝菌的相对较低。美味牛肝菌、铜色牛肝菌、小美牛肝菌和黄皮疣柄牛肝菌的粗脂肪含量普遍较低,都在5%以下。HB和HJ粗脂肪含量分别为4.50%、4.60%,HJ比其他牛肝菌粗脂肪含量高0.9%~3.1%,HB比其他牛肝菌粗脂肪含量高1.0%~3.2%,粗脂肪的T检验结果表明,2种砖红绒盖牛肝菌差异极显著($P<0.01$),砖红绒盖牛肝菌脂肪比其他牛肝菌的高,但它仍是一种低脂肪的食用菌。

HB和HJ的总糖含量分别为6.94%、10.32%,HJ与云南美味牛肝菌(11.89%)和黄皮疣柄牛肝菌(9.33%)相比,HJ的含量居中,高于黄皮疣柄牛肝菌,低于云南美味牛肝菌,HB总糖含量较低,低于两者。HB和HJ的粗纤维含量均值为13.73%,与其他6种牛肝菌相比,砖红绒盖牛肝菌的粗纤维含量较高,其含量高于泰山美味牛肝菌、巴山美味牛肝菌、云南美味牛肝菌和黄皮疣柄牛肝菌,低于小美牛肝菌,与铜色牛肝菌相近。砖红绒盖牛肝菌的粗纤维高,可作为良好的膳食纤维源。

HB灰分含量为7.91%,低于泰山美味牛肝菌,高于

其他5种牛肝菌；HJ灰分含量为6.36%，高于云南美味牛肝菌、黄皮疣柄牛肝菌，低于其他4种牛肝菌。较高的灰分含量表明砖红绒盖牛肝菌与其他牛肝菌一样能够把生长环境中的矿物元素富集于子实体内，砖红绒盖牛肝菌富含矿物元素，是良好的矿物源。

3.2 矿物元素评价

由表4可知，2份样品中K和Na元素含量与其他4种牛肝菌的差异极显著（ $P<0.01$ ），其K元素含量明显低于其他4种牛肝菌的均数，其Na元素含量明显高于其他4种牛肝菌的均数；2份样品的Ca元素含量与其他6种牛肝菌差异显著（ $P<0.05$ ）；2份样品的Mg元素含量与其他6种牛肝菌差异不显著。Ca明显高于其他牛肝菌（巴山美味牛肝除外）。Ca的生理作用大体有维护血管正常的通透性、钙离子是凝血过中的重要因子、镇定神经和神经递质的合成都需要钙离子的参与、Ca对心肌和骨骼肌具有收缩作用等^[27]，Ca缺乏，容易患病，如骨质疏松症和佝偻病。砖红绒盖牛肝菌的Ca含量高，可以作为青少年和骨质疏松的老年人补Ca的食物之一，有利于人体健康。因此，砖红绒盖牛肝菌为高Ca（0.34%）、高K（0.92%）、低Na（386 mg/100 g）、富含Mg的食用菌。

2份样品的Cu、Zn、Mn与其他6种牛肝菌差异不显著，表明砖红绒盖牛肝的Cu、Zn、Mn与其他6种牛肝菌差别不大；HB中Fe元素含量与其他6种牛肝菌差异显著，HJ种Fe元素含量与其他6种牛肝菌差别不大；砖红绒盖牛肝的Se元素含量差异极显著（ $P<0.01$ ）。砖红绒盖牛肝的Se元素含量（3.22 mg/kg）明显高于其他4种牛肝菌，HB中Se元素含量比HJ中高约2倍，为云南美味牛肝菌（2.17 mg/kg）^[10]的1.48倍。Se最重要作用之一，是构成谷胱甘肽过氧化物酶，保护细胞膜的结构及功能不受过氧化物的损害及干扰，还能够保护心肌、预防克山病、大骨节病等，并对预防癌症有重要作用^[28]，砖红绒盖牛肝菌富含Se，有利于人体健康和预防癌症。砖红绒盖牛肝菌的Cr平均含量为0.70 mg/kg。Cr³⁺对人体有用，为人体必需微量元素，是葡萄糖耐量因子的组成部分，参与机体的糖代谢，维持体内正常的葡萄糖耐量，影响体内的脂肪代谢和胆固醇代谢，有效预防心血管病的发生^[29]，砖红绒盖牛肝菌，能够为人提供微量元素Cr，有利于人体健康。因此，砖红绒盖牛肝菌是高Se、富含Fe、Cu、Zn、Mn和Cr的食用菌。

砖红绒盖牛肝菌中Pb和Hg元素未检出。因此，砖红绒盖牛肝菌是未受污染的和天然的食用菌。

4 结 论

通过对2份样品主要营养成分分析与评价，结果发现

林芝砖红绒盖牛肝菌的水分、灰分、总糖、粗纤维和蛋白质含量较为丰富，粗脂肪含量低。与其他牛肝菌相比，蛋白质和脂肪含量差异显著，蛋白质含量比其他牛肝菌低，粗脂肪含量高于其他牛肝菌，其余4种成分差别不大。

通过对2份样品氨基酸组成分析与评价，结果发现林芝砖红绒盖牛肝菌含有丰富的鲜味氨基酸和药用氨基酸资源，可以开发鲜味的调味品和药用氨基酸的产品，含有较为优质的蛋白资源，可以开发蛋白产品，EAA/TAA较高，第1限制性氨基酸为含硫氨基酸（蛋氨酸+半胱氨酸），EAA比较适合10~12岁的人体需要，色氨酸的评价高，可以开发补色氨酸的产品。

通过对2份样品矿物质元素分析与评价，结果发现林芝砖红绒盖牛肝菌含有对人体有益的K、Ca、Na、Mg等常量元素较为丰富，对人体有益的Fe、Cu、Zn、Mn、Se、Cr等微量元素较为丰富，尤其Se和Ca的含量高，可以开发补Se和补Ca的产品，Cd和As符合国家标准，Pb和Hg未检出，与其他牛肝菌相比，K、Ca、Na、Se差异显著，K低于其他牛肝菌，Ca、Na、Se均高于其他牛肝菌，Mg、Zn、Mn差别不大。

参考文献：

- [1] 孙佩琼, 袁明生. 中国大型真菌彩色谱图[M]. 成都: 四川科学技术出版社, 2013: 224.
- [2] 李泰辉, 宋斌. 中国食用牛肝菌的种类及其分布[J]. 食用菌学报, 2002, 9(2): 22-30. DOI:10.3969/j.issn.1005-9873.2002.02.006.
- [3] 邓利君, 徐阿生, 刘小娇. 藏区季拉山食用菌资源[J]. 食用菌学报, 2011, 18(3): 91-99.
- [4] 刘小娇. 藏区季拉山大型菌物生态格局研究[D]. 林芝: 西藏大学, 2011: 53.
- [5] 张艳秋. 藏区牛肝菌资源及其系统发育树的构建[D]. 长春: 吉林农业大学, 2014: 22-43.
- [6] LIU Q, WANG H, NG T B. Isolation and characterization of a novel lectin from the wild mushroom *Xerocomus spadiceus*[J]. Peptides, 2004, 25(1): 7-10. DOI:10.1016/j.peptides.2003.11.013.
- [7] 刘庆洪. 茶树菇、鹿角炭角菌和砖红绒盖牛肝菌凝集素纯化及其免疫调节活性的研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2004: 71-77. DOI:10.7666/d.y658887.
- [8] 姜林. 泰山美味牛肝菌营养成分分析[J]. 山东农业大学学报, 1998, 29(2): 104-106.
- [9] 李燕平. 巴山美味牛肝菌营养成分提取的研究[D]. 成都: 西华大学, 2009: 20-34. DOI:10.7666/d.y1556199.
- [10] 桂明英, 徐俊, 张鑫, 等. 云南美味牛肝菌营养成分分析[J]. 食品工业, 2015, 36(1): 196-198.
- [11] 周玲仙, 殷建忠. 云南野生食用牛肝菌营养成分分析及评价[J]. 食用菌, 2008, 30(4): 61-62. DOI:10.3969/j.issn.1000-8357.2008.04.044.
- [12] 梅文泉, 董宝生, 和丽忠, 等. 黄皮疣柄牛肝菌营养成分分析[J]. 中国食用菌, 2005, 24(1): 25-26. DOI:10.3969/j.issn.1003-8310.2005.01.009.
- [13] 于淑新, 赵连海, 王丰琳, 等. 高效液相色谱法测定奶粉中羟脯氨酸含量[J]. 分析仪器, 2012(2): 26-29. DOI:10.3969/j.issn.1001-232X.2012.02.006.

- [14] 刘再胜, 李永才, 张晓梅. 对二甲氨基苯甲醛比色法测定饲料中色氨酸的含量[J]. 饲料工业, 1998, 19(6): 21-22.
- [15] 孙远明. 食品营养学[M]. 2版. 北京: 中国农业大学, 2010: 63-64.
- [16] 卫生部. 婴幼儿食品和乳品中钙、铁、锌、钠、钾、镁、铜和锰的测定: GB/T 5413.21—2010[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [17] 国家卫生和计划生育委员会. 食品中镉的测定: GB 5009.15—2014[S]. 北京: 中国标准出版社, 2014.
- [18] 国家卫生和计划生育委员会. 食品中铬的测定: GB 5009.123—2014[S]. 北京: 中国标准出版社, 2014.
- [19] 卫生部. 食品中铅的测定: GB 5009.12—2010[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [20] 杨翠英, 霍建勋, 刘平. 原子吸收法同时测定人血中砷硒汞元素[J]. 微量元素与健康研究, 2004, 21(3): 43-45. DOI:10.3969/j.issn.1005-5320.2004.03.021.
- [21] 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, 10(2): 187-190.
- [22] 武彦文, 欧阳杰. 氨基酸和肽在食品中的呈味作用[J]. 中国调味品, 2001(1): 19-22. DOI:10.3969/j.issn.1000-9973.2001.01.007.
- [23] 张晓煜, 刘静, 袁海燕, 等. 不同地域环境对枸杞蛋白质和药用氨基酸含量的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2004(3): 100-104. DOI:10.3321/j.issn:1000-7601.2004.03.024.
- [24] 郑星泉, 杨光圻. 我国谷类、豆类及鱼类蛋白质中含硫氨基酸的总量[J]. 营养学报, 1985, 9(3): 167-172. DOI:10.13325/j.cnki.acta.nutr.sin.1985.03.002.
- [25] 李剑欣, 张绪梅, 徐琪寿. 色氨酸的生理生化作用及其应用[J]. 氨基酸和生物资源, 2005, 27(3): 58-62. DOI:10.3969/j.issn.1006-8376.2005.03.019.
- [26] 卫生部. 食品中污染物限量: GB 2762—2012[S]. 北京: 中国标准出版社, 2012.
- [27] 雷鹏, 赵恩来, 李义显, 等. 钙与生物体损伤的研究进展[J]. 天津农业科学, 2012(4): 136-139. DOI:10.3969/j.issn.1006-6500.2012.04.035.
- [28] 赵美松, 毛礼钟. 硒的重要生理功能[J]. 生物学通报, 1996, 31(6): 15-16.
- [29] 齐颖. 食品中铬的生理功能及其检测方法[J]. 中国食物与营养, 2006(1): 37-38. DOI:10.3969/j.issn.1006-9577.2006.01.011.