

## 2 种牛肝菌分子鉴定及营养成分分析

伍燕<sup>1</sup>, 汪伟<sup>1</sup>, 王燕<sup>1</sup>, 申利群<sup>2\*</sup>

(1. 兴义民族师范学院生物与化学学院, 贵州兴义 562400)

(2. 广西民族大学化学化工学院, 广西林产化学与工程重点实验室, 广西南宁 550006)

**摘要:** 对兴义产白葱牛肝菌和红葱牛肝菌子实体进行分子生物学鉴定, 依据国际通用蛋白质评价模式对此 2 种牛肝菌蛋白质营养进行分析, 并与来源于文献的砖红绒盖牛肝菌、黄皮疣柄牛肝菌和灰褐牛肝菌数据进行比较。结果表明: 白葱牛肝菌学名是粉黄牛肝菌 *Boletus roseoflavus*, 红葱牛肝菌学名是兰茂牛肝菌 *Lanmaoa asiatica*; 子实体主要营养成分 (g/100 g): 粉黄牛肝菌含有蛋白 46.20、脂肪 2.0、粗纤维 15.0、粗多糖 4.70、可溶性糖 9.60; 必需氨基酸 11.27、总氨基酸 27.80、鲜味氨基酸总量 10.84; 兰茂牛肝菌含有蛋白 56.0、脂肪 2.0、粗纤维 17.0、粗多糖 7.20、可溶性糖 7.60、必需氨基酸 13.76、总氨基酸 33.40、鲜味氨基酸总量 13.04。粉黄牛肝菌和兰茂牛肝菌的必需氨基酸占非必需氨基酸指数 (E/N) 分别为 0.68 和 0.70, 必需氨基酸占氨基酸总量 (E/E+N) 为 40.58% 和 41.20%, 必需氨基酸总量达到 FAO/WHO 的标准模式, 营养组成均衡、含量丰富; EAAI 值 (必需氨基酸指数) 均为 1.33, 为优质蛋白源。

**关键词:** 粉黄牛肝菌; 兰茂牛肝菌; 鉴定; 营养成分; 氨基酸评价

文章编号: 1673-9078(2021)09-102-108

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2021.9.0017

## Molecular Identification and Nutrients Composition Analyses of Two Wild Boletaceae

WU Yan<sup>1</sup>, WANG Wei<sup>1</sup>, WANG Yan<sup>1</sup>, SHEN Li-qun<sup>2\*</sup>

(1. Xingyi Normal University for Nationalities, Xingyi 562400, China)

(2. College of Chemistry and Chemical Engineering, Guangxi University for Nationalities, Key Laboratory of Development and Application of Forest Chemicals of Guangxi, Nanning 550006, China)

**Abstract:** The fruiting bodies of two wild Boletaceae Baicong and Hongcong grown in Xingyi were subjected identification by molecular biology tools. Based on the international general protein assessment model, the protein nutrition value of the two wild Boletaceae was examined and compared with the data of *Xerocomus spadiceus*, *Leccinum aurantiacum*, and *Boletus griseus* literature. The results showed that the scientific name of Baicong is *Boletus roseoflavus*, and the scientific name of Hongcong is *Lanmaoa asiatica*. The main nutritional components (g/100 g) of the *Boletus roseoflavus* fruiting body were: crude protein 46.20, crude fat 2.0, crude fiber 15.0, crude polysaccharide 4.70, soluble sugar 9.60; total essential amino acids 11.27, total amino acids 27.80, and total flavor amino acids 10.84. The main nutritional components of the *Lanmaoa asiatica* fruiting body were: crude protein 56.0, crude fat 2.0, crude fiber 17.0, crude polysaccharide 7.20, soluble sugar 7.60; total essential amino acids 13.76, total amino acids 33.40, and total flavor amino acids 13.04. The E/N ratios of *Boletus roseoflavus* and *Lanmaoa asiatica* were 0.68 and 0.70, respectively, with their E/E+N ratios being 40.58% and 41.20%, respectively. Both the total amounts of essential amino acids meet the FAO/WHO standard model, with a balanced nutritional composition and abundant amounts of amino acids. Both fungi had an essential amino acid index (EAAI) of 1.33, indicating high-quality protein sources.

**Key words:** *Boletus roseoflavus*; *Lanmaoa asiatica*; identification; nutritional composition; amino acids evaluation

引文格式:

伍燕,汪伟,王燕,等. 2 种牛肝菌分子鉴定及营养成分分析[J]. 现代食品科技, 2021, 37(9): 102-108

WU Yan, WANG Wei, WANG Yan, et al. Molecular identification and nutrients composition analyses of two wild boletaceae [J]. Modern Food Science and Technology, 2021, 37(9): 102-108

收稿日期: 2021-01-06

基金项目: 贵州省科学基金资助 (黔科合基础 20181168); 广西重点研发计划项目 (桂科 AB20238008)

作者简介: 伍燕 (1974-), 女, 副教授, 硕士, 研究方向: 微生物学, E-mail: 767692523@qq.com

通讯作者: 申利群 (1970-), 男, 博士, 教授, 研究方向: 天然药物化学, E-mail: liqunshen@126.com

地处黔、滇、桂三省交界处的黔西南州盛产大型野生食用真菌, 尤其安龙县是野生牛肝菌的主产地, 每年5月到10月, 野生牛肝菌依次对应三个节气(端午节、中元节、中秋节)大量涌出。牛肝菌味道鲜美, 在当地备受欢迎, 其中白葱牛肝菌和红葱牛肝菌以浓郁的菌香味和脆嫩的质感在牛肝菌系列中价位较高, 这两种牛肝菌在大小、形态和颜色上相似, 上市期间二者相伴相随, 普通人不易区分。两种牛肝菌都能散发出葱香味因而当地人形象地称它们为白葱牛肝菌和红葱牛肝菌, 其分类上的学名并不被人们熟知和了解, 白葱牛肝菌由Li等<sup>[1]</sup>于2013年定名为粉黄牛肝菌(*Boletus roseoflavus*), 红葱牛肝菌由Wu等<sup>[2]</sup>于2016年定名为兰茂牛肝菌(*Lanmaoa asiatica*), 兰茂牛肝菌因香味和口感较好, 价位比粉黄牛肝菌高。

牛肝菌营养价值高, 含有人体所需要的所有氨基酸种类, 对其氨基酸组成尤其是对必需氨基酸进行分析并按标准分级, 是评价其营养价值高低的重要手段, 而对野生食用菌的营养进行分析、评价是食用菌研究的重点, 研究结果可以指导野生食用菌的驯化和规模化生产, 依据食品安全国家标准检测样品中各种营养成分含量, 参照FAO/WHO规定的人体必需氨基酸模式和鸡蛋蛋白质氨基酸模式进行比较, 计算氨基酸评分(AAS)、化学评分(CS)和必需氨基酸指数(EAAI)<sup>[3]</sup>, 可对食用菌进行化学分析营养评价。国内文献对白葱牛肝菌和红葱牛肝菌的分子生物鉴定、营养成分分析及评价鲜有报道<sup>[4,5]</sup>, 本研究对产自黔西南州的白葱和红葱牛肝菌进行分子生物学鉴定并构建进化树, 对比分析二者的主要营养成分、氨基酸、维生素和矿质元素等含量, 进行系统的分析和评价, 旨在为地处黔、滇、桂三省交界处的牛肝菌真菌资源开发利用提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

试验材料: 白葱牛肝菌、红葱牛肝菌新鲜子实体, 7月份购于兴义丰源市场。

$$\text{氨基酸评分(AAS\%)} = \frac{\text{待测蛋白质中某一必需氨基酸含量(mg/g蛋白质)}}{\text{FAO/WHO评分标准模式同种氨基酸含量(mg/g蛋白质)}} \times 100\%$$

$$\text{化学评分(CS)} = \frac{\text{待测蛋白质中某一必需氨基酸含量(mg/g蛋白质)}}{\text{鸡蛋蛋白中同种氨基酸含量(mg/g蛋白质)}}$$

$$\text{必需氨基酸指数(EAAI)} = \sqrt[n]{\frac{A1}{B1} \times \frac{A2}{B2} \times \dots \times \frac{An}{Bn}}$$

其中 An (mg/g 蛋白质) (代表试验蛋白质中必需氨基酸的含量; Bn (mg/g 蛋白质) 代表标准蛋白质 (FAO 评分模式) 中与相应的必需氨基酸的含量; n 代表比较的必需氨基酸个数, n≤8。

实验试剂: 三氯甲烷、Tris 平衡酚、无水乙醇、苯甲醇、一水柠檬酸钠、二水柠檬酸钠、常规分析纯氨基酸等, 国药集团化学试剂有限公司。

### 1.2 仪器和设备

LA-8080 型全自动氨基酸分析仪, 日本日立公司; Waters 2695 高效液相色谱仪, 美国沃特世公司; FOSS 全自动凯氏定氮分析仪, 丹麦福斯公司; 吉天原子荧光分光光度计, 北京吉天仪器有限公司; Thermos i-cap Q 电感耦合离子体发射光谱仪, 美国赛默飞公司; BILON-1000CT 超声波提取器, 上海比朗仪器制造有限公司; ETHOS-UP 微波消解仪, 北京莱伯泰科仪器股份有限公司; CP224S 型电子分析天平, 德国赛多利斯公司。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 DNA 提取和 nLSU 鉴定

白葱牛肝菌、红葱牛肝菌取菌盖和菌柄无菌连接处, 液氮研磨, CATB 法提取总 DNA<sup>[6]</sup>, 引物 LROR/LR5 扩增 nLSU 序列<sup>[7]</sup>, 电泳检测后送上海生工测序。

#### 1.3.2 子实体主要营养成分分析

新鲜白葱牛肝菌和红葱牛肝菌子实体低温保存 (≤4 °C), 送广西区分析测试中心, 参照食品安全国家标准检测样品中各种营养成分含量。蛋白质参照 GB 5009.5-2016 《食品中蛋白质的测定》; 脂肪参照 GB 5009.5-2016 《食品中脂肪的测定》; 粗纤维参照 GB/T 5009.10-2003 《植物类食品中粗纤维的测定》; 粗多糖参照 NY/T 1767-2008 《食用菌中粗多糖含量的测定》; 可溶性多糖参照 GB 5009.8-2016 《食品中葡萄糖的测定》。

#### 1.3.3 氨基酸分析

氨基酸测定按照 GB 5009.124-2016 《食品中氨基酸的测定》进行。氨基酸营养化学评价包括: 氨基酸评分(AAS)、化学评分(CS)、必需氨基酸指数(EAAI)按文献进行<sup>[8]</sup>。

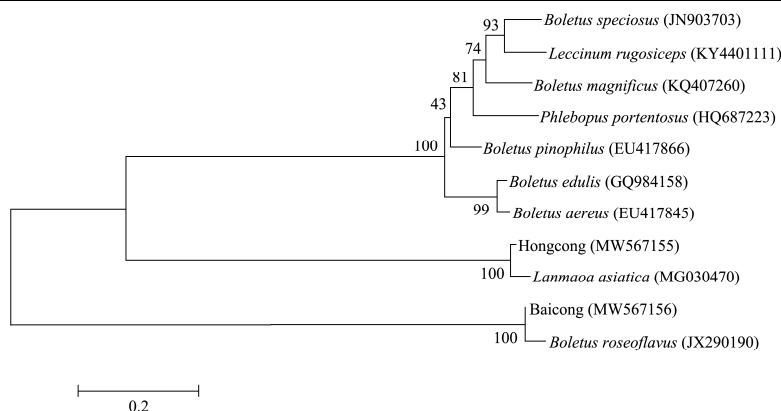


图 1 基于 nLUS 序列构建的系统发育树

Fig.1 Phylogenetic tree based on nLUS sequence

表 1 粉黄牛肝菌、兰茂牛肝菌与几种牛肝菌中主要营养成分的比较 (g/100 g)

Table 1 Comparison of major nutrient components between *Boletus roseoflavus* and *Lanmaoa asiatica* and several *Boletus* species

菌株	粗蛋白	粗脂肪	粗纤维	粗多糖	可溶性总糖
粉黄牛肝菌 ( <i>Boletus roseoflavus</i> )	46.20	2.0	15.0	4.70	9.60
兰茂牛肝菌 ( <i>Lanmaoa asiatica</i> )	56.0	2.0	17.0	7.20	7.60
砖红绒盖牛肝菌 ( <i>Xerocomus spadiceus</i> )	29.11	4.60	14.47	-	-
橙黄疣柄牛肝菌 ( <i>Leccinum aurantiacum</i> )	21.17	4.67	13.73	10.11	-
灰褐牛肝菌 ( <i>Boletus griseus</i> )	28.22	2.44	-	-	-

### 1.3.4 矿质元素分析

矿质元素测定按照食品安全国家标准 GB 5009.268-2016《食品中多元素的测定》；GB 5009.93-2017《食品中硒的测定》和 GB 5009.151-2003《食品中锗的测定》进行。

### 1.3.5 维生素分析

新鲜牛肝菌子实体中维生素测定按照食品安全国家标准 GB 5009.86-2016《食品中抗坏血酸的测定》；GB 5009.84-2016《食品维生素 B<sub>1</sub> 的测定》；GB 5009.85-2016《食品中维生素 B<sub>2</sub> 的测定》；GB 5009.82-2016《食品中维生素 A、D、E 的测定》进行。

### 1.3.6 数据处理

MEGA 6.06 和 ClustalX 1.83 构建白葱和红葱牛肝菌进化树，Excel 2019 进行统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 子实体分子生物学鉴定

参照相关文献并结合实际可知<sup>[9]</sup>，粉黄牛肝菌通体黄色至硫磺色，子实体中等至较大，菌盖扁半球形，直径 8~15 cm，菌肉肥厚，致密；菌柄圆柱形，基部膨大球状，长 6~12 cm，粗 2.5~3 cm，菌肉白色，受损后局部仅有轻微色变，与特定林木（如柞、栎等阔叶林及针阔混交林）共生，属外生菌根菌。兰茂牛肝菌通体为粉红或绯红色，全株散发一股浓烈的葱香味，

“红葱”由此得名，受损后伤变部位快速变蓝黑色，故也称“见手青”，菌盖半圆形，宽 7~16 cm，盖肉厚；菌柄粗棒状，长 5~13 cm，肉质坚韧，茶花黄色，伤后变蓝，后转污褐。图 1 为基于 nLUS 序列比对结果，经 NCBI 上 Blast N 比对其保守序列，俗名为白葱（Baicong）的牛肝菌与粉黄牛肝菌 *Boletus roseoflavus*（JX290190）有 100% 同源性，序列提交 NCBI 后获得基因号 MW567156；俗名为红葱（Hongcong）的牛肝菌与兰茂牛肝菌 *Lanmaoa asiatica*（MG030470）有 100% 同源性，序列提交 NCBI 后获得基因号 MW567155。

### 2.2 子实体的主要营养成分对比分析

为更好地了解在同类牛肝菌中兴义产粉黄牛肝菌、兰茂牛肝菌的营养价值，在文献中找到三种已报道牛肝菌进行对比分析，分别是砖红绒盖牛肝菌<sup>[10]</sup>、橙黄疣柄牛肝菌<sup>[11]</sup>、灰褐牛肝菌<sup>[12]</sup>，从表 1 可知，兰茂牛肝菌的粗蛋白含量最高，达到 56.0 g/100 g 干重，其次是白葱牛肝菌 46.20 g/100 g 干重，粗纤维含量在所列的文献数据里最高，达到 17.0 g/100 g 和 15.0 g/100 g 干重，而粗脂肪含量较低，均是 2.0 g/100 g 干重，在主要营养成分上，兰茂牛肝菌明显高于粉黄牛肝菌、砖红绒盖牛肝菌、橙黄疣柄牛肝菌和灰褐牛肝菌。

### 2.3 子实体中矿质营养元素对比

表 2 粉黄牛肝菌和兰茂牛肝菌中矿质元素含量比较 (mg/kg)

Table 2 Comparison of mineral elements content between *Boletus roseoflavus* and *Lanmaoa asiatica*

菌株	矿质元素含量						
	钾	磷	铁	镁	锌	硒	锗
粉黄牛肝菌 ( <i>Boletus roseoflavus</i> )	3190	758	83.6	107	15.5	3.02	0.016
兰茂牛肝菌 ( <i>Lanmaoa asiatica</i> )	3820	969	79.2	122	28.4	1.46	0.014

表 3 粉黄牛肝菌和兰茂牛肝菌中维生素含量比较 (mg/100 g)

Table 3 Comparison of vitamin content between *Boletus roseoflavus* and *Lanmaoa asiatica*

菌株	维生素含量			
	维生素 C	维生素 B <sub>1</sub>	维生素 B <sub>2</sub>	维生素 E
粉黄牛肝菌 ( <i>Boletus roseoflavus</i> )	32	-	0.181	-
兰茂牛肝菌 ( <i>Lanmaoa asiatica</i> )	16.4	-	0.365	-

表 4 粉黄牛肝菌、兰茂牛肝菌与几种牛肝菌中氨基酸组成比较 (g/100 g)

Table 4 Comparison of aminoacids composition between *Boletus roseoflavus* and *Lanmaoa asiatica* and several *Boletus* species

氨基酸	粉黄牛肝菌 ( <i>Boletus roseoflavus</i> )	兰茂牛肝菌 ( <i>Lanmaoa asiatica</i> )	砖红绒盖牛肝菌 ( <i>Xerocomus spadiceus</i> )	橙黄疣柄牛肝菌 ( <i>Leccinum aurantiacum</i> )	灰褐牛肝菌 ( <i>Boletus griseus</i> )
天门冬氨酸 (Asp)	2.31	3.01	1.51	1.88	2.20
苏氨酸 (Thr) *	1.50	1.80	0.97	1.00	1.20
丝氨酸 (Ser)	1.70	1.50	0.93	0.95	1.26
谷氨酸 (Glu)	3.60	5.80	2.64	2.32	3.08
脯氨酸 (Pro)	0.90	1.10	0.80	0.83	1.26
甘氨酸 (Gly)	1.72	1.42	0.81	0.86	1.11
丙氨酸 (Ala)	3.21	2.81	1.23	1.35	1.76
半胱氨酸 (Cys)	-	-	0.10	0.10	0.25
缬氨酸 (Val) *	4.40	5.20	0.80	1.80	1.20
蛋氨酸 (Met) *	0.67	0.76	0.22	0.17	0.93
异亮氨酸 (Ile) *	1.0	1.20	0.86	0.76	0.90
亮氨酸 (Leu) *	1.50	1.40	1.07	1.16	1.42
酪氨酸 (Tyr)	1.0	1.30	0.48	0.58	0.64
苯丙氨酸 (Phe) *	0.90	1.60	0.67	1.04	0.79
赖氨酸 (Lys) *	1.30	1.80	0.93	1.06	1.27
组氨酸 (His)	0.60	0.74	0.43	0.52	0.57
精氨酸 (Arg)	1.50	2.0	1.02	0.98	1.43
色氨酸 (Trp) *	-	-	-	0.76	0.69
必须氨基酸 (E)	11.27	13.76	5.52	7.75	8.4
非必须氨基酸 (N)	16.50	19.64	9.95	10.37	13.56
氨基酸总量 (E+N)	27.77	33.40	15.47	18.12	21.96
E/N	0.68	0.70	0.55	0.75	0.62
E/(E+N)%	40.58	41.20	35.68	42.77	38.25

注: \*: 必须氨基酸。

粉黄牛肝菌和兰茂牛肝菌子实体中含有 K、P、Fe、Mg、Zn、Se 和 Ge 等多种人体所必需的矿质元素,从表 2 可知,所含矿质元素中 K 的含量较高,兰茂牛肝菌和粉黄牛肝菌分别是 3820、3190 mg/kg 干重,P、Fe、Mg 和 Zn 的含量也较丰富,另外还有微量元素

Se 和 Ge,在矿质元素营养上含量比较丰富。

## 2.4 子实体中维生素含量对比

粉黄牛肝菌、兰茂牛肝菌子实体所含维生素中,Vc 的含量分别是 32.0 mg/100 g 和 16.4 mg/100 g,也

含少量维生素 B<sub>2</sub>, 和市售桃子 (6.77 mg/100 g)、梨 (11.07 mg/100 g) 和苹果 (4.11 mg/100 g) 的维生素 C 含量相比较<sup>[13]</sup>, 粉黄牛肝菌和兰茂牛肝菌的维生素 C 含量高, 抗氧化能力强, 清除自由基的活性高。

### 2.5 子实体中氨基酸组成与含量对比

粉黄牛肝菌和兰茂牛肝菌子实体的必需氨基酸含量分别为 11.27 g/100 g 和 13.76 g/100 g 干重, 含量比文献报道的砖红绒盖牛肝菌 (5.52 g/100 g)、橙黄疣柄牛肝菌 (7.75 g/100 g) 和灰褐牛肝菌 (8.40 g/100 g) 的高 (见表 4), 同时, 粉黄牛肝菌和兰茂牛肝菌的非必需氨基酸含量分别为 16.50 和 19.64 g/100 g, 在所列文献报道中总量最高, 可见, 粉黄牛肝菌和兰茂牛肝菌是优质的氨基酸营养补充源。

### 2.6 子实体蛋白质中必需氨基酸含量评分

蛋白质的营养价值由必需氨基酸的种类、含量和所占比例决定<sup>[14,15]</sup>, 将表 4 中的必需氨基酸含量与粗蛋白含量比较转换成 Ax (某一必需氨基酸含量), Ax

值与 FAO/WHO 模式中相应的氨基酸含量比较计算氨基酸评分 (AAS), Ax 值与鸡蛋评分模式中相应氨基酸含量比较计算化学评分 (CS), 最终得出粉黄牛肝菌和兰茂牛肝菌的必需氨基酸指数 (EAAI)。从表 5 可知, 除了亮氨酸 AAS 值接近 FAO 标准, 其余必需氨基酸均达到标准, 其中粉黄牛肝菌和兰茂牛肝菌中缬氨酸的含量远超 FAO 标准, 缬氨酸能兴奋中枢神经系统、调节血糖平衡, 具有保肝护肝功效。食物蛋白质质量评价常用 EAAI 表示, 粉黄牛肝菌和兰茂牛肝菌的 EAAI 均>0.95, 为优质食物蛋白源。

### 2.7 子实体中鲜味氨基酸组成

食用菌的鲜味主要由天冬氨酸、谷氨酸、甘氨酸和丙氨酸组成<sup>[16,17]</sup>, 从表 6 可知, 粉黄牛肝菌和兰茂牛肝菌的四种鲜味氨基酸的含量均比砖红绒盖牛肝菌、橙黄疣柄牛肝菌和灰褐牛肝菌高, 尤其是兰茂牛肝菌, 谷氨酸含量远远高于其他几种牛肝菌, 结合市场价位来看, 兰茂牛肝菌以鲜美的口感和特殊的香味深受消费者喜爱。

表 5 粉黄牛肝菌和兰茂牛肝菌的氨基酸评分及化学评分

Table 5 Amino acid scores and chemical scores of proteins in *Boletus roseoflavus* and *Lanmaoa asiatica*

氨基酸	粉黄牛肝菌 ( <i>Boletus roseoflavus</i> )			兰茂牛肝菌 ( <i>Lanmaoa asiatica</i> )			FAO/WHO	鸡蛋评分模式
	Ax	AAS	CS	Ax	AAS	CS		
苏氨酸 (Thr)	32.46	81.17	0.64	32.14	80.35	0.63	40	51
缬氨酸 (Val)	95.24	190.48	1.30	92.86	185.72	1.27	50	73
赖氨酸 (Lys)	28.14	51.16	0.51	32.14	58.44	0.58	55	55
亮氨酸 (Leu)	32.47	46.38	0.37	25.0	35.71	0.28	70	88
异亮氨酸 (Ile)	21.65	54.11	0.33	21.43	53.58	0.32	40	66
蛋氨酸+胱氨酸 (Met+Cys)	14.50	41.43	0.26	13.57	38.77	0.25	35	55
苯丙氨酸+酪氨酸 (Phe+Tyr)	41.13	68.54	0.41	51.79	86.32	0.52	60	100
EAAI 值	1.33			1.33				

注: Ax: 待测蛋白质中某一必需氨基酸的含量 (mg/g); AAS: 氨基酸评分; CS: 化学评分; EAAI: 必需氨基酸指数。

表 6 粉黄牛肝菌、兰茂牛肝菌及几种牛肝菌中鲜味氨基酸含量比较 (g/100 g)

Table 6 Comparison of the content of flavor amino acids between *Boletus roseoflavus* and *Lanmaoa asiatica* and several *Boletus* species

鲜味氨基酸	粉黄牛肝菌 ( <i>Boletus roseoflavus</i> )	兰茂牛肝菌 ( <i>Lanmaoa asiatica</i> )	砖红绒盖牛肝菌 ( <i>Xerocomus padiceus</i> )	橙黄疣柄牛肝菌 ( <i>Leccinum aurantiacum</i> )	灰褐牛肝菌 ( <i>Boletus griseus</i> )
天冬氨酸 Asp	2.31	3.01	1.51	1.88	2.2
谷氨酸 Glu	3.60	5.80	2.64	2.32	3.08
甘氨酸 Gly	1.72	1.42	0.81	0.86	1.11
丙氨酸 Ala	3.21	2.81	1.23	1.35	1.76
合计	10.84	13.04	6.19	6.41	8.15

## 3 结论

### 3.1 俗名为“白葱”的牛肝菌在分类上属粉黄牛肝菌

*Boletus roseoflavus*, “红葱”在分类上属兰茂牛肝菌 *Lanmaoa asiatica*, 在基本营养成分中, 二者粗蛋白含量高, 分别占干重的 46.20%和 56.00%, 比文献报道

的砖红绒盖牛肝菌(29.11%)、橙黄疣柄牛肝菌(21.17%)和灰褐牛肝菌(28.22%)高;粗纤维分别占干重的15%和17%,粗脂肪均占干重的2%,可溶性总糖分别占干重的9.6%和7.6%,可见,黔西南州所产的粉黄牛肝菌和兰茂牛肝菌是高蛋白、低脂肪、含丰富膳食纤维的野生牛肝菌。

3.2 粉黄牛肝菌和兰茂牛肝菌氨基酸含量高且种类齐全,氨基酸总量分别为27.77%和33.40%,砖红绒盖牛肝菌、橙黄疣柄牛肝菌和灰褐牛肝菌的氨基酸总量分别是15.47%、18.12%和21.96%,其中,缬氨酸含量较高(4.44%和5.20%),谷氨酸其次(3.60%和5.80%),而文献来源的砖红绒盖牛肝菌、橙黄疣柄牛肝菌和灰褐牛肝菌的缬氨酸含量分别为0.80%、1.80%和1.20%,谷氨酸含量分别为2.64%、2.32%和3.08%。

3.3 粉黄牛肝菌和兰茂牛肝菌的必需氨基酸/非必需氨基酸(E/N)值分别为0.68和0.70,超过FAO/WHO规定的0.6;必需氨基酸/总氨基酸E/(E+N)%值分别为40.58%和41.20%,达到FAO/WHO要求优质E%应达40%阈值;必需氨基酸值EAAI均达1.33,超过FAO/WHO规定值EAAI $\geq$ 0.95为优质蛋白源标准<sup>[18-20]</sup>。综上所述,粉黄牛肝菌和兰茂牛肝菌均是营养丰富的可推荐优质蛋白源,此外,粉黄牛肝菌和兰茂牛肝菌的矿质营养元素含量丰富,主要为K、P、Fe、Mg和Zn,尤其是钾的含量较高,分别达到3190 mg/kg和3820 mg/kg。粉黄牛肝菌和兰茂牛肝菌的维生素C含量也较高,分别是32.00 mg/100 g和16.40 mg/100 g,良好的真菌来源天然抗氧化剂。

## 参考文献

- [1] Li H, Wei H, Peng H, et al. *Boletus roseoflavus*, a new species of Boletus in section Appendiculati from China [J]. Mycological Progress, 2013, 13(1): 21-31
- [2] Wu G, Li Y C, Zhu X T, et al. One hundred noteworthy boletes from China [J]. Fungal Diversity, 2016, 81(1): 25-188
- [3] 熊丙全,兰秀华,彭卫红,等.不同羊肚菌氨基酸比较分析及营养评价[J].食品与发酵工业,2020,46(2):114-119  
XIONG Bing-quan, LAN Xiu-hua, PENG Wei-hong, et al. Comparative analysis and nutritional evaluation of different amino acids in *Morchella* spp [J]. Food and Fermentation Industries, 2020, 46(2): 114-119
- [4] 李耀.粉黄牛肝菌速冻工艺研究[D].昆明:云南大学,2017  
LIN Yao. Study on quick-frozen technology of *Boletus roseoflavus* Hai B. Li & Hai L. Wei [D]. Kunming: Yunnan University, 2017
- [5] 苏璐,苏冀彦,李丹,等.兰茂牛肝菌含药血清对小鼠脾淋巴细胞的影响[J].食用菌学报,2018,25(2):113-120  
SU Lu, SU Ji-yan, LI Dan, et al. Effects of *Lanmaoa asiatica* extracts administered mice serum on mice splenocytes [J]. Acta Edulis Fungi, 2018, 25(2): 113-120
- [6] White T J, Bruns T, Lee S, et al. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics [J]. PCR Protocols, a Guide to Methods and Application, 1990, 1: 315-322
- [7] Vilgalys R, Hester M. Rapid genetic identification and mapping of enzymatically amplified ribosomal DNA from several *Cryptococcus* species [J]. Journal of Bacteriology, 1990, 172(8): 4238-4246
- [8] 黄福常,刘斌.纹盖黑孢孔菌-一种新食用菌的驯化及营养成分分析研究[J].基因组学与应用生物学,2019,38(12):5483-5494  
HUANG Fu-chang, LIU Bin. Domestication and nutrients analyses of a new mushroom-*Amyloporus sulcatus* [J]. Genomics and Applied Biology, 2019, 38(12): 5483-5494
- [9] 李泰辉,宋斌.中国牛肝菌已知种类[J].贵州科学,2003,21(1-2):78-83  
LI Tai-hui, SONG Bin. Bolete species known from China [J]. Guizhou Science, 2003, 21(1-2): 78-83
- [10] 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 Chang-zhong, LUO Zhang, GU Xue-dong. Chemical composition and nutritional evaluation of *Xerocomus spadiceus* from Linzhi city of Tibet [J]. Food Science, 2016, 37(24): 124-129
- [11] 马长中,徐锦华,张景荣,等.林芝橙黄疣柄牛肝菌营养成分分析与评价[J].食品与发酵工业,2018,44(5):259-264  
MA Chang-zhong, XU Jin-hua, ZHANG Jing-rong, et al. Analysis and evaluation of nutritional components of wild *Leccinum aurantiacum* (Bull. et Pers.) Gray from Linzhi [J]. Food and Fermentation Industries, 2018, 44(5): 259-264
- [12] 鲍长俊,常惟丹,庄永亮,等.灰褐牛肝菌(*Boletus griseus*)子实体的营养评价及蛋白质组分分析[J].食品科学,2017,38(20):83-89  
BAO Chang-jun, CHANG Wei-dan, ZHUANG Yong-liang, et al. Nutritional characteristics and protein composition of fruiting bodies of *Boletus griseus* [J]. Food Science, 2017, 38(20): 83-89
- [13] 叶群丽.分光光度法测定水果中维生素C的含量[J].广东化工,2016,43(6):184-185  
YE Qun-li. Determination of vitamin C content in fruits by spectrophotometry [J]. Guangdong Chemical Industry, 2016,

- 43(6): 184-185
- [14] 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 Zheng-ming, LIU Xiu-li, JIA Yan-qing, et al. Protein nutritional assessments of four kinds of wild edible fungi in mount Wutai [J]. Science and Technology of Food Industry, 2015, 36(2): 349-354
- [15] 陈巧玲,李忠海,陈素琼.5种地产食用菌氨基酸组成比较及营养评价[J].食品与机械,2014,30(6):43-46,81  
CHEN Qiao-lin, LI Zhong-hai, CHEN Su-qiong. Analysis of amino acid composition and nutritional evaluation in five local edible [J]. Food & Machinery, 2014, 30(6): 43-46, 81
- [16] 张梅秀,王锡昌,刘源.食品中的呈味肽及其呈味机理研究进展[J].食品科学,2012,33(7):320-326  
ZHANG Mei-xiu, WANG Xi-chang, LIU Yuan. Research progress in flavor peptides in foods and corresponding taste mechanisms [J]. Food Science, 2012, 33(7): 320-326
- [17] Chang T T, Chou W N. Five polypores (Basidiomycota) new to Taiwan and their cultural characteristics [J]. Botanical Bulletin of Academia Sinica, 2003, 44(3): 245-251
- [18] 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 Xiao, ZHANG Shi-ying, LI Yu. Determination and evaluation of nutritional components in *Lyophyllum cinerascens* fruit-bodies [J]. Northern Horticulture, 2010, 6: 198-201
- [19] 陈龙,郭晓晖,李富华,等.食用菌膳食纤维功能特性及其应用研究进展[J].食品科学,2012,33(11):303-307  
CHEN Long, GUO Xiao-hui, LI Fu-hua, et al. Research progress on the function and application of dietary fiber from edible fungi [J]. Food Science, 2012, 33(11): 303-307
- [20] 苏久艳,张霁,李杰庆,等.野生牛肝菌元素含量特征分析及其种类鉴别[J].现代食品科技,2019,35(2):223-231  
SU Jiu-yan, ZHANG Qi, LI Jie-qing, et al. Analysis of the element content characteristic of wild boletaceae mushrooms and its species identification [J]. Modern Food Science and Technology, 2019, 35(2): 223-231

---

(上接第 339 页)

- [59] Bimonte S, Leongito M, Barbieri A, et al. Inhibitory effect of (-)-epigallocatechin-3-gallate and bleomycin on human pancreatic cancer MiaPaca-2 cell growth [J]. Infectious Agents & Cancer, 2015, 10(1): 1-7
- [60] Tofolean I T, Ganea C, Ionescu D, et al. Cellular determinants involving mitochondrial dysfunction, oxidative stress and apoptosis correlate with the synergic cytotoxicity of epigallocatechin-3-gallate and menadione in human leukemia jurkat T cells [J]. Pharmacological Research, 2015, 103: 300-317
- [61] Cromie M M, Gao W. Epigallocatechin-3-gallate enhances the therapeutic effects of leptomycin b on human lung cancer A549 cells [J]. Constructive Approximation, 2015, 2015(2): 1-10
- [62] Bimonte S, Cascella M, Barbieri A, et al. Shining a Light on the Effects of the Combination of (-)-Epigallocatechin-3-gallate and Tapentadol on the Growth of Human Triple-negative Breast Cancer Cells [J]. In vivo, 2019, 33(5): 1463-1468
- [63] Sabry D, Abdelaleem O O, El Amin Ali A M, et al. Anti-proliferative and anti-apoptotic potential effects of epigallocatechin-3-gallate and/or metformin on hepatocellular carcinoma cells: *in vitro* study [J]. Molecular Biology Reports, 2019, 46(2): 2039-2047