

罗晓莉, 张沙沙, 曹晶晶, 等. 云南 3 种胶质食用菌营养成分分析与蛋白质营养价值评价 [J]. 食品工业科技, 2021, 42(14): 328–333.
doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2020090143

LUO Xiaoli, ZHANG Shasha, CAO Jingjing, et al. Analysis of Nutritional Components and Evaluation of Protein Nutritional Value of Three Kinds of Gelatinous Edible Fungi in Yunnan[J]. Science and Technology of Food Industry, 2021, 42(14): 328–333. (in Chinese with English abstract). doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2020090143

· 营养与保健 ·

云南 3 种胶质食用菌营养成分分析与 蛋白质营养价值评价

罗晓莉, 张沙沙, 曹晶晶, 张微思*

(中华全国供销合作总社昆明食用菌研究所, 云南昆明 650221)

摘要: 为了区别 3 种胶质食用菌在营养成分上的差异, 为胶质食用菌的营养价值研究和深度开发利用提供一定依据, 采用凯氏定氮法、索氏抽提法、原子吸收光谱法等方法对云南产 3 种胶质食用菌金耳、银耳、黑木耳的基本营养成分、矿物质、氨基酸的种类和含量进行测定, 并通过氨基酸比值系数法对其蛋白质营养价值进行评价。结果表明: 3 种胶质食用菌的基本营养成分含量存在差异, 以金耳的总糖含量最高, 为 75.30%, 银耳的灰分含量最高, 为 6.40 g/100 g, 黑木耳的粗蛋白、粗纤维含量最高, 分别为 11.20、9.70 g/100 g。3 种胶质食用菌均含有人体必需的钙、钾、钠、镁、铁、锌等矿物质元素, 但在含量上存在较大差异。以黑木耳的钙、镁、铁的含量最高, 银耳的钾、钠、锌含量最高。3 种胶质食用菌都含有 17 种氨基酸, 其中包含人体必需氨基酸 7 种, 谷氨酸和天门冬氨酸等鲜味氨基酸含量较高, 必需氨基酸占总氨基酸的质量分数均高于 FAO/WHO 氨基酸模式谱, 3 种胶质食用菌 SRC 值由高到低分别为银耳 (82.25) > 黑木耳 (78.09) > 金耳 (77.98), 均在 80 左右, 营养价值与利用率较高。3 种胶质食用菌蛋白质营养价值差别不明显, 都是含有较高蛋白质, 低脂肪、高纤维、高总糖含量的菌类, 具有较高营养价值和开发前景。

关键词: 胶质食用菌, 营养成分, 蛋白质, 氨基酸, 营养价值评价

中图分类号: TS201.4

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2021)14-0328-06

DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2020090143

Analysis of Nutritional Components and Evaluation of Protein Nutritional Value of Three Kinds of Gelatinous Edible Fungi in Yunnan

LUO Xiaoli, ZHANG Shasha, CAO Jingjing, ZHANG Weisi*

(Kunming Edible Fungi Institute, All China Federation of Supply and Marketing Cooperatives, Kunming 650221, China)

Abstract: In order to distinguish the differences of nutrition, and provide basis for the nutritional value research and exploring and utilizing of glial edible fungi, the contents of basic nutrients, minerals and amino acids in *T. aurantiaba*, *T. fuciformis* and *A. heimuer* from Yunnan Province were determined by the methods of Kjeldahl, Soxhlet extraction and AAS, etc., the nutritional value of protein was evaluated by amino acid ratio coefficient method. The results showed that there were differences in the contents of basic nutrients among the three kinds of edible fungi. The highest content of total sugar was 75.30% in *T. aurantiaba*, the highest content of ash was 6.40 g/100 g in *T. fuciformis* and the highest content of crude protein and crude fiber were 11.20 and 9.70 g/100 g in *A. heimuer*. The three kinds of gelatinous edible fungi all contained Ca, K, Na, Mg, Fe, Zn, etc., but there were great differences in the content. *A. heimuer* had the highest contents of Ca, Mg, Fe. While *T. fuciformis* had the highest contents of K, Na, Zn. There were 17 kinds of amino acids in the three kinds of gelatinous edible fungi, including 7 kinds of essential amino acids for human body. The contents of glutamic acid,

收稿日期: 2020-09-15

基金项目: 国家重点研发计划项目课题 (2018YFD0400500, 2018YFD0400503)。

作者简介: 罗晓莉 (1981-), 女, 硕士, 副研究员, 研究方向: 食用菌贮藏与加工, E-mail: lxiaoli81@163.com。

* 通信作者: 张微思 (1982-), 男, 硕士, 研究员, 研究方向: 食用菌, E-mail: zws82@126.com。

aspartic acid and other delicious amino acids were higher than amino acid pattern spectrum suggested by FAO/WHO. The SRC values of three kinds of gelatinous edible fungi from high to low were *T. fuciformis* (82.25) > *A. heimuer* (78.09) > *T. aurantialba* (77.98), with high nutritional value and utilization rate. There was no significant difference in protein nutritional value among the three kinds of edible fungi. All of them contained high protein, low fat, high fiber and high total sugar content, which had high nutritional value and development prospect.

Key words: gelatinous edible fungi; nutritional components; protein; amino acids; nutritional value evaluation

胶质菌是指木耳属和银耳属的菌类, 因其菌丝体内充满了胶状物质, 而赋予多种独特的性状, 是我国十分重要的食药菌资源^[1]。金耳、银耳、黑木耳都属于胶质菌中大宗、富有特色的品种。金耳 (*Tremella aurantialba* Bandoni & M. Zang) 属于担子菌门 (Basidiomycota) 银耳纲 (Tremellomycetes) 银耳目 (Tremellales) 银耳科 (Tremellaceae), 别名黄木耳、黄金木耳、金木耳、茛苕色布尔 (西藏)、脑耳。金耳子实体高 5~10 cm, 直径 7~12 cm, 呈脑状或瓣裂状, 基部着生在腐木上, 新鲜时呈金黄色或橙黄色, 干后坚硬, 浸泡后可恢复原状。在我国多产于云南、西藏、四川、甘肃等地区^[2]。银耳 (*Tremella fuciformis* Berk.) 跟金耳一样, 同属于银耳纲 (Tremellomycetes) 银耳目 (Tremellales) 银耳科 (Tremellaceae), 又名雪耳、白木耳。子实体宽 4~7 cm, 白色、透明, 干时带黄色, 遇湿能恢复原状, 黏滑、胶质, 由薄而卷曲的瓣片组成, 群生于阔叶树的腐木上^[3]。在我国多产于四川、云南、福建等省的山林地区, 其中以四川通江银耳和福建漳州雪耳最为著名^[4]。黑木耳 (*Auricularia heimuer* F. Wu et al.) 隶属于担子菌门 (Basidiomycota) 层菌纲 (Hymenomycetes) 木耳目 (Auriculariales) 木耳科 (Auriculariaceae) 木耳属 (*Auricularia*)^[5], 又名树蕈、云耳、光木耳。其子实体呈密集丛生状态, 层叠生长, 形似叶状、耳状以及鳞片状, 有平滑或微放射状皱纹, 内部向里凹陷, 呈深褐色或褐色。金耳、银耳、黑木耳不仅具有较好的滋补作用与营养价值, 而且都还含有多糖等生物活性物质, 具有降血糖、抗氧化、抗肿瘤、调节免疫力等多种功效^[6-14], 深受广大消费者喜爱, 以其为主要原料开发的食品、保健品、药品、日化用品等产品也层出不穷。

目前, 对于食用菌的营养功能研究主要围绕其灰分、蛋白质、脂肪、氨基酸、矿物质元素、维生素及生物活性物质等展开。很多研究表明, 食用菌的营养价值也会随着品种^[15]、产地^[16]、样品测定部位^[17]、采摘期^[18]、栽培方式^[19]、生长环境^[20]、栽培基质^[21] 等的不同而发生变化。评价食品蛋白质营养价值对于食品品质鉴定、新食品资源研究和开发、指导人群饮食等许多方面都十分必要^[22]。目前评价食品蛋白质营养价值的方法和指标很多, 其中氨基酸比值系数法是常采用的蛋白质营养价值评价方法。根据资料检索分析, 目前对金耳、银耳、黑木耳的研究主要集中于单个品种的菌种 (菌株) 选育、栽培、新产品开发、常规营养成分分析检测、多糖等生物活性物质提取及

生物活性研究等方面。根据已有研究可知, 金耳、银耳、黑木耳 3 种胶质食用菌在基本营养成分 (灰分、粗蛋白、粗纤维、粗脂肪、总糖、矿物质、维生素、氨基酸等) 和功能成分 (多糖等) 的含量上存在一定差异, 但对其功能成分的化学结构及功能性强弱未见对比, 对于这 3 种胶质食用菌的营养成分对比及蛋白质营养价值评价方面尚未见报道。因此, 本研究通过对 3 种胶质食用菌营养成分进行全面分析, 并通过氨基酸比值系数法对蛋白质营养价值进行评价, 以期对 3 种胶质食用菌的深度开发利用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

金耳 (ZJS-566)、银耳 (ZJS-802) 和黑木耳 (ZJS-202) 3 种胶质食用菌来自于昆明食用菌研究所栽培技术示范基地, 原料经采摘、洗净、晾干后置于果蔬烘干机中, 烘干、粉碎后过 80 目筛, 置于干燥器中保存备用; 氨基酸混合标准品 日本和光纯药; 钙、铁、锌、钠、钾、镁标准溶液 国家有色金属及电子材料分析测试中心; 矿物质元素测定用试剂为优级纯; 其它试剂均为国产分析纯。

5HG-0.3CK 型果蔬烘干机 云南种业集团有限责任公司热能科技分公司; FW-400A 型倾斜式高速万能粉碎机 北京中兴伟业仪器有限公司; SOX500 索氏提取器、K1100 型凯氏定氮仪 济南海能仪器股份有限公司; PL403 天平 梅特勒-托利多仪表 (上海) 有限公司; 202-00 型电热恒温干燥箱 上海东星建材城试验设备有限公司; GXZ-9023MBE 型电热鼓风干燥箱 上海博迅实业有限公司医疗设备厂; Biochrom30⁺ 型氨基酸自动分析仪 英国百康; SPECORD50PLUS 紫外可见分光光度计 德国耶拿分析仪器股份有限公司; PinAAcle900T 型原子吸收分光光度计 PerkinElmer 公司; SX₂-5-12 型箱式电阻炉 沈阳市节能电炉厂; FL-1 型可调式电热炉、DZKW-S-8 型恒温水浴锅 北京市永光明医疗仪器有限公司; XT-9900A 型微波消解仪 上海新拓分析仪器科技有限公司。

1.2 检测指标及测定方法

1.2.1 基本营养成分的测定 水分含量, 参考 GB 5009.3-2016^[23]; 灰分含量, 参考 GB 5009.4-2016^[24]; 总糖 (以葡萄糖计) 参考 GB/T 15672-2009^[25]; 粗蛋白含量, 参考 GB 5009.5-2016^[26]; 粗纤维含量, 参考 GB/T 5009.10-2003^[27]; 粗脂肪含量, 参考 GB 5009.6-2016^[28] 进行测定。

1.2.2 主要矿物质元素的测定 钙参考 GB 5009.92-2016^[29], 钾、钠参考 GB 5009.91-2017^[30], 镁参考 GB 5009.241-2017^[31], 铁参考 GB 5009.90-2016^[32], 锌参考 GB 5009.14-2017^[33] 进行测定。

1.2.3 氨基酸含量的测定 参考 GB 5009.124-2016^[34], 采用氨基酸自动分析仪测定。

1.2.4 营养价值评价 氨基酸比值系数法参照朱圣陶等的方法^[35]。根据联合国粮农组织(FAO)以及世界卫生组织(WHO)共同修订的理想蛋白质人体必需氨基酸模式谱(1973年版本)^[36], 分析3种胶质食用菌氨基酸营养价值。具体指标包括: 必需氨基酸占总氨基酸的质量分数、必需氨基酸的氨基酸比值(RAA)、氨基酸比值系数(RC)、比值系数分(SRC)。

RAA=样品中某一必需氨基酸(EAA)的含量/模式谱相应 EAA 的含量

计算样品中待评必需氨基酸与 FAO/WHO 模式谱中相应氨基酸间倍数。鉴于胱氨酸与酪氨酸分别由蛋氨酸与苯丙氨酸转变而成, 因此将苯丙氨酸和酪氨酸, 蛋氨酸和胱氨酸分别合并计算。

$RC = RAA / RAA$ 平均值

RC 最小值对应的氨基酸为第一限制氨基酸, RC 大于或小于 1, 说明该种必需氨基酸相对过剩或相对不足, RC 等于 1 表明其组成比例与模式谱一致。

$SRC = 100 - 100CV$, $CV = RC$ 的标准差/RC 均数

CV 为 RC 的变异系数。SRC 越小, 说明营养价值越低, SRC 接近 100, 则营养价值越高, SRC 为 100 时, 说明该样品中必需氨基酸组成比例与模式谱一致。

1.3 数据处理

实验重复测量 3 次, 结果以平均值±标准差表示, 采用 Excel 2007 和 SPSS 11.5 进行数据的计算和分析。

2 结果与分析

2.1 基本营养成分分析

我们对金耳、银耳、黑木耳的基本营养成分进行了检测分析, 结果如表 1。由表 1 知, 3 种胶质食用菌均含有丰富的总糖、蛋白质、粗纤维等营养成分。3 种胶质食用菌的总糖含量很高, 其中金耳总糖含量最高, 达到了 75.30%, 金耳、银耳的总糖含量差异性不明显。银耳的灰分含量显著高于金耳和黑木耳 ($P < 0.05$), 达到 6.40 g/100 g。粗蛋白和粗纤维含量以黑木耳最高, 分别为 11.20 g/100 g 和 9.70 g/100 g, 银耳在 3 种胶质菌中的粗蛋白含量最低, 但三者差异性不显著 ($P > 0.05$)。金耳、银耳的粗脂肪含量差异不显著, 黑木耳的粗脂肪含量极低, 仅为 0.22 g/100 g。综上, 3 种胶质食用菌都是含有较高蛋白质, 低脂肪、高纤维含量的菌类, 具有较高营养价值和保健食品开发前景。

2.2 主要矿物质元素分析

矿物质元素是人体保持适当生理功能所必需的

表 1 金耳、银耳、黑木耳常规营养成分
Table 1 Nutrients of *T. aurantialba*, *T. fuciformis* and *A. heimuer*

项目	金耳	银耳	黑木耳
水分(g/100 g)	11.60±1.10 ^a	11.50±1.01 ^a	11.80±1.23 ^a
灰分(g/100 g)	2.30±0.15 ^c	6.40±0.45 ^a	3.60±0.42 ^b
总糖(以葡萄糖计)(%)	75.30±2.50 ^a	72.60±3.09 ^a	64.00±1.99 ^b
粗蛋白(g/100 g)	10.00±0.85 ^a	8.54±0.62 ^a	11.20±2.25 ^a
粗纤维(g/100 g)	7.70±0.60 ^{bc}	6.90±0.50 ^c	9.70±1.30 ^a
粗脂肪(g/100 g)	1.58±0.35 ^a	1.41±0.21 ^a	0.22±0.11 ^b

注: 同行数据后小写字母不同表示组间差异显著 ($P < 0.05$); 表 2~表 3 同。

营养素, 必须从膳食中供给。由表 2 可知, 3 种胶质食用菌均含有人体必需的钙、钾、钠、镁、铁、锌等矿物质元素, 但在含量上存在较大差异。总体上看, 黑木耳的钙、镁、铁的含量在 3 种胶质食用菌中是最高的, 其中: 铁含量达到 255.00 mg/kg, 显著高于金耳、银耳的铁含量 ($P < 0.05$), 另据中国食物营养成分表查询, 黑木耳干品中铁含量甚至高达 974 mg/kg, 将近蔬菜中铁含量高的脱水菠菜铁含量 (259 mg/kg) 的 4 倍。金耳的钙、铁含量介于黑木耳和银耳之间, 三者具有显著性差异; 银耳的钾、钠、锌含量在所检测 3 种胶质食用菌中是最高的, 显著高于另外两种菌 ($P < 0.05$)。食用菌对许多矿物质元素具有较强的富集能力, 是一类高效、简便、选择性好的生物吸附剂。值得注意的是, 很多研究发现^[37-41], 来自不同产地、不同栽培基质、不同菌株、不同形态(子实体、菌丝体)的金耳、银耳、黑木耳, 其矿物质含量差异很大, 以钙含量为例, 金耳检出钙含量高者可达 731 mg/kg, 银耳检出钙含量在 16.52~799.30 mg/kg 之间, 黑木耳检出钙含量在 137.40~1252.70 mg/kg 之间。

表 2 金耳、银耳、黑木耳矿物质元素
Table 2 Minerals of *T. aurantialba*, *T. fuciformis* and *A. heimuer*

元素	金耳	银耳	黑木耳
钙(mg/kg)	268.00±16.70 ^b	43.40±5.52 ^c	340.80±10.30 ^a
钾(mg/100 g)	1129.00±112.62 ^c	1798.00±164.62 ^a	1400.00±140.00 ^{bc}
钠(mg/100 g)	6.77±1.40 ^c	53.60±5.77 ^a	8.26±1.02 ^{bc}
镁(mg/kg)	149.00±11.14 ^c	242.00±9.54 ^b	336.00±10.53 ^a
铁(mg/kg)	50.20±12.30 ^c	10.60±2.06 ^b	255.00±15.17 ^a
锌(mg/kg)	20.80±4.36 ^{bc}	46.60±4.11 ^a	16.20±1.76 ^c

2.3 氨基酸含量分析

氨基酸是食物风味的重要影响因素。由表 3 的氨基酸含量检测可知, 3 种胶质食用菌所含氨基酸种类丰富且含量高, 都含有 17 种氨基酸, 其中必需氨基酸 7 种(赖氨酸、苯丙氨酸、蛋氨酸、苏氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、缬氨酸), 非必需氨基酸 10 种。3 种胶质食用菌中的氨基酸含量均以呈鲜味的氨基酸谷氨酸和天冬氨酸含量最高, 蛋氨酸含量最低。各品种氨基酸含量存在差异, 以黑木耳的氨基酸总量最高, 达到 9.61 g/100 g, 黑木耳中的必需氨基酸含量达到

3.21 g/100 g。3 种胶质食用菌的必需氨基酸与氨基酸总量的比值范围为 0.33~0.34, 必需氨基酸与非必需氨基酸的比值范围为 0.49~0.52。根据 FAO/WHO 提出的理想蛋白模式中 EAA/TAA 为 0.40 左右, EAA/NEAA 为 0.60 以上时蛋白质质量较好, 3 种胶质食用菌中的银耳蛋白质模式更接近理想蛋白质模式要求。

表 3 3 种胶质食用菌氨基酸含量(g/100 g)

Table 3 Contents of amino acids of three gelatinous edible fungi (g/100 g)

氨基酸	金耳	银耳	黑木耳
天门冬氨酸(Asp)	0.86±0.02 ^{bc}	0.81±0.03 ^c	1.03±0.07 ^a
苏氨酸(Thr)	0.48±0.02 ^{bc}	0.44±0.03 ^c	0.60±0.03 ^a
丝氨酸(Ser)	0.51±0.02 ^b	0.41±0.02 ^c	0.56±0.02 ^a
谷氨酸(Glu)	0.95±0.03 ^a	0.84±0.02 ^b	1.24±0.11 ^a
甘氨酸(Gly)	0.45±0.02 ^a	0.43±0.02 ^b	0.47±0.02 ^a
丙氨酸(Ala)	0.60±0.02 ^{bc}	0.59±0.01 ^c	0.86±0.03 ^a
胱氨酸(Cys)	0.18±0.01 ^a	0.17±0.01 ^a	0.18±0.00 ^a
缬氨酸*(Val)	0.45±0.02 ^{bc}	0.44±0.02 ^c	0.53±0.02 ^a
蛋氨酸*(Met)	0.10±0 ^a	0.10±0.01 ^a	0.11±0.01 ^a
异亮氨酸*(Ile)	0.32±0.01 ^a	0.31±0.01 ^a	0.34±0.01 ^a
亮氨酸*(Leu)	0.58±0.02 ^b	0.52±0.01 ^c	0.70±0.03 ^a
酪氨酸(Tyr)	0.29±0.01 ^a	0.26±0.01 ^a	0.28±0.01 ^a
苯丙氨酸*(Phe)	0.41±0.01 ^a	0.32±0.01 ^b	0.42±0.02 ^a
组氨酸(His)	0.78±0.03 ^b	0.57±0.02 ^c	0.88±0.03 ^a
赖氨酸*(Lys)	0.37±0.01 ^b	0.37±0.01 ^b	0.51±0.02 ^a
精氨酸(Arg)	0.54±0.02 ^a	0.36±0.01 ^c	0.48±0.01 ^b
脯氨酸(Pro)	0.32±0.01 ^c	0.36±0.01 ^b	0.42±0.01 ^a
必需氨基酸(EAA)	2.71	2.50	3.21
非必需氨基酸(NEAA)	5.48	4.80	6.40
氨基酸总量(TAA)	8.19	7.30	9.61
EAA/TAA	0.33	0.34	0.33
EAA/NEAA	0.49	0.52	0.50

注: *表示为人体必需氨基酸。

2.4 呈味氨基酸分析

食用菌味道鲜美, 风味独特, 其风味主要是由非挥发性的滋味物质和挥发性的香味物质共同组成。其中, 氨基酸作为非挥发性滋味物质的一部分, 对食用菌风味有较大贡献。根据氨基酸呈味特性不同, 将其分成鲜味氨基酸、甜味氨基酸、苦味氨基酸和无味氨基酸四类^[42], 其中又以鲜味氨基酸和甜味氨基酸对食用菌滋味的贡献较大, 其他类氨基酸对其滋味有提升作用, 食用菌的独特滋味是由这些氨基酸共同作用的结果。由表 4 可知, 鲜味氨基酸、甜味氨基酸、苦味氨基酸均是黑木耳的最高, 分别达到 2.27、2.91、3.46 g/100 g, 金耳次之。呈味氨基酸(鲜味、甜味、苦味)的总量是黑木耳(8.64 g/100 g)>金耳(7.35 g/100 g)>银耳(6.50 g/100 g), 且鲜甜味氨基酸的总量占苦味氨基酸的比例为 1.31~1.50 倍之间, 表明 3 种胶质食用菌呈味氨基酸以鲜甜味氨基酸为主。

2.5 氨基酸营养价值评价

氨基酸比值系数法是氨基酸营养价值评价的常

表 4 3 种胶质食用菌呈味氨基酸分析

Table 4 Analysis of flavor amino acids of three gelatinous edible fungi

氨基酸	金耳	银耳	黑木耳
鲜味氨基酸(UAA)(g/100 g)	1.81	1.65	2.27
甜味氨基酸(SAA)(g/100 g)	2.36	2.23	2.91
苦味氨基酸(BAA)(g/100 g)	3.18	2.62	3.46
呈味氨基酸总量(g/100 g)	7.35	6.50	8.64
氨基酸总量(TAA)(g/100 g)	8.19	7.30	9.61
UAA/TAA(%)	22.10	22.60	23.62
SAA/TAA(%)	28.82	30.55	30.28
BAA/TAA(%)	38.83	35.89	36.00
鲜甜味/苦味	1.31	1.48	1.50

用方法。该方法以氨基酸平衡理论为基础, 通过对比目标物质中必需氨基酸比例与 FAO/WHO 氨基酸模式谱或优质蛋白质模式谱之间的差距大小, 来评价氨基酸营养, 一般来说比例与模式谱越接近的营养价值越高^[43]。本研究将 3 种胶质食用菌必需氨基酸 EAA 值与 FAO/WHO 模式谱和优质蛋白质全鸡蛋模式谱中相应氨基酸的 EAA 值进行比较, 结果见表 5。3 种胶质食用菌的必需氨基酸总量均高于 FAO/WHO 氨基酸模式, 低于优质蛋白质全鸡蛋模式。银耳中除 Lys 比 FAO/WHO 模式谱稍低外, 其他必需氨基酸的 EAA 值均高于 FAO/WHO 模式谱; 金耳、黑木耳中 Met+Cys、Ile 和 Lys 的 EAA 值低于 FAO/WHO 模式谱, Thr、Val、Leu、Phe+Tyr 的 EAA 值均高于 FAO/WHO 模式谱。跟全鸡蛋模式谱相比, 3 种胶质食用菌样品除了 Thr 高于全鸡蛋模式外, 其他必需氨基酸的 EAA 值均低于模式谱。一般来说, 植物性蛋白常相对缺少赖氨酸、蛋氨酸、苏氨酸和色氨酸等必需氨基酸, 所以其营养价值相对较低。而检测发现 3 种胶质食用菌中的苏氨酸含量较高, 都高于 FAO/WHO 模式谱和优质蛋白质全鸡蛋模式谱中苏氨酸的 EAA 值, 而苏氨酸又是小麦、大米、燕麦等主食的第二限制氨基酸。在实际应用中, 可考虑将食用菌和主食或其他食物混合食用, 以实现蛋白质的互补作用, 提高食物蛋白质营养价值。

表 5 3 种胶质食用菌中必需氨基酸占总氨基酸的质量分数与模式谱比较

Table 5 Comparison of mass fraction of essential amino acids in total amino acids and pattern spectrum of three gelatinous edible fungi

氨基酸	质量分数(%)			FAO/WHO 模式	全鸡蛋模式
	金耳	银耳	黑木耳		
Thr	5.86	6.03	6.24	4.0	5.1
Val	5.49	6.03	5.52	5.0	7.3
Met+Cys	3.42	3.70	3.02	3.5	5.5
Ile	3.91	4.25	3.54	4.0	6.6
Leu	7.08	7.12	7.28	7.0	8.8
Phe+Tyr	8.55	7.95	7.28	6.0	10.0
Lys	4.52	5.07	5.31	5.5	6.4
合计	38.83	40.15	38.19	35.00	49.70

根据表5中得到的必需氨基酸占总氨基酸的质量分数,可以计算出3种胶质食用菌的RAA、RC和SRC,从而对其营养价值进行直观评价,结果见表6。由表6中RC值可知,3种胶质食用菌过剩和不足的必需氨基酸不尽相同,但总的来说,Thr和Phe+Tyr在3种胶质食用菌中均相对过剩;Val在金耳中稍显不足,而在银耳、黑木耳中相对过剩;Met+Cys、Ile、Leu、Lys在3种胶质食用菌中均表现为相对不足。SRC是引入氨基酸平衡理论结合FAO/WHO评价模式建立的蛋白质评价指标。3种胶质食用菌SRC值由高到低分别为银耳(82.25)>黑木耳(78.09)>金耳(77.98),均在80左右,三者差别不明显,说明这3种胶质食用菌之间氨基酸营养价值差别不大。

表6 不同品种中必需氨基酸的RAA、RC和SRC值
Table 6 RAA, RC and SRC of essential amino acids of different samples

氨基酸	金耳		银耳		黑木耳	
	RAA	RC	RAA	RC	RAA	RC
Thr	1.47	1.32	1.51	1.30	1.56	1.43
Val	1.10	0.99	1.21	1.04	1.10	1.00
Met+Cys	0.98	0.88	1.06	0.91	0.86	0.79
Ile	0.98	0.88	1.06	0.91	0.89	0.82
Leu	1.01	0.91	1.02	0.88	1.04	0.95
Phe+Tyr	1.43	1.29	1.33	1.15	1.21	1.11
Lys	0.82	0.74	0.92	0.79	0.97	0.89
SRC	77.98		82.25		78.09	

3 结论

通过分析金耳、银耳、黑木耳3种胶质食用菌的营养成分可知,3种胶质食用菌的基本营养成分含量存在差异,但均含有丰富的糖类、蛋白质、矿物质等营养成分,低脂肪,高纤维含量,并且含有17种氨基酸,其中包含人体必需氨基酸7种。谷氨酸和天门冬氨酸等鲜味氨基酸含量较高,通过呈味氨基酸含量分析可知,鲜甜味氨基酸的总量占苦味氨基酸的比例为1.31~1.50倍之间,表明3种胶质食用菌都是以鲜甜味氨基酸为主。3种胶质食用菌的必需氨基酸占总氨基酸的质量分数均高于FAO/WHO氨基酸模式谱,其SRC值由高到低分别为银耳(82.25)>黑木耳(78.09)>金耳(77.98),均在80左右,营养价值与利用率较高。综合分析认为:3种胶质食用菌蛋白质营养价值差别不明显,都是含有较高蛋白质,低脂肪、高纤维、高总糖含量的菌类,具有较高营养价值和保健食品开发前景。

参考文献

[1] 曹玉春,包海鹰,图力古尔,等.用GC-MS方法对四种药用胶质菌化学成分进行比较分析[J].菌物学报,2017,36(12):1674-1685.
[2] 桂明英,马绍宾,郭相.西南大型真菌[M].上海:上海科学技术文献出版社,2016:237.
[3] 李玉,李泰辉,杨祝良,等.中国大型菌物资源图鉴[M].郑

州:中原农民出版社,2015:229.

[4] 陈冉静.银耳功能性食品生产工艺及生物活性研究[D].成都:西华大学,2015.
[5] 张光亚.中国常见食用菌图谱[M].北京:农业出版社,1999:19-20.
[6] Kiho T, Morimoto H, Usui S, et al. Antidiabetic effect of an acidic polysaccharide(TAP) from *Tremella aurantia* and its degradation product(TAP-H)[J]. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 2001, 24(12): 1400-1403.
[7] Kiho T, Morimoto H, Kobayashi T, et al. Effect of a polysaccharide from the bodies of *Tremella aurantia* glucose metabolism in mouse live[J]. *Biosci Biotechnol Biochem*, 2000, 64: 417-419.
[8] Deng Y X, Qu W J. *In vitro* antioxidant function of extracellular polysaccharides from *Tremella aurantialba*[J]. *Acta Edulis Fungi*, 2007, 14(3): 50-52.
[9] Chen B. Optimization of extraction of *Tremella fuciformis* polysaccharides and its antioxidant and antitumor activities *in vitro*[J]. *Carbohydrate Polymers*, 2010, 81(2): 420-424.
[10] Wang X M, Zhang Z S, Zhao M X. Carboxymethylation of polysaccharides from *Tremella fuciformis* for antioxidant and moisture-preserving activities[J]. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2015, 72: 526-530.
[11] Jiang R Z, Wang Y, Luo H M, et al. Effect of the molecular mass of tremella polysaccharides on accelerated recovery from cyclophosphamide-induced leucopenia in rats[J]. *Molecules*, 2012, 17(4): 3609-3617.
[12] Khaskheli S G, Wen Z, Sheikh S A, et al. Characterization of *Auricularia auricula* polysaccharides and its antioxidant properties in fresh and pickled product[J]. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2015, 81: 387-395.
[13] Ma Z C, Wang J G, Zhang L, et al. Evaluation of water soluble β -D-glucan from *Auricularia auricular-judae* as potential anti-tumor agent[J]. *Carbohydrate Polymers*, 2010, 80(3): 977-983.
[14] Lu A X, Yu M G, Shen M, et al. Preparation of the *Auricularia auricular* polysaccharides simulated hydrolysates and their hypoglycaemic effect[J]. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2017, 106: 1139-1145.
[15] 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.
[16] 李治平,刘娟汝,陈艳,等.不同产地香菇氨基酸组成及营养价值评价[J].*保鲜与加工*,2020,20(3):167-172.
[17] 李淑荣,王丽,倪淑君,等.大球盖菇不同部位氨基酸含量测定及营养评价[J].*食品研究与开发*,2017,38(8):95-99.
[18] 朱燕华,王倩,陈明杰,等.不同采摘期的双孢蘑菇子实体蛋白质营养评价[J].*上海农业学报*,2016,32(4):29-34.
[19] 彭裕红.段木黑木耳与代料黑木耳产品质构分析与营养评价[J].*中国食用菌*,2019,38(3):50-56,60.
[20] 张春霞,何明霞,刘静,等.暗褐网柄牛肝菌人工、半人工与野生子实体营养成分对比[J].*西南农业学报*,2014,27(6):2497-2500.
[21] 柴美清,李青,韩鹏远,等.不同栽培基质对香菇头潮菇产量及子实体营养成分的影响[J].*中国农学通报*,2017(15):76-

79.

- [22] 蔡东联, 糜漫天. 营养师必读(第3版)[M]. 北京: 人民军医出版社, 2014: 33.
- [23] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品中水分的测定: GB 5009.3-2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [24] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品中灰分的测定: GB 5009.4-2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [25] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 食用菌中总糖含量的测定: GB/T 15672-2009[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [26] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定: GB 5009.5-2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [27] 中华人民共和国卫生部, 中国国家标准化管理委员会. 植物类食品中粗纤维的测定: GB/T 5009.10-2003[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.
- [28] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准 食品中脂肪的测定: GB 5009.6-2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [29] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准 食品中钙的测定: GB 5009.92-2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [30] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准 食品中钾、钠的测定: GB 5009.91-2017[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- [31] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准 食品中镁的测定: GB 5009.241-2017[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- [32] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准 食品中铁的测定: GB 5009.90-2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [33] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准 食品中锌的测定: GB 5009.14-2017[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- [34] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准 食品中氨基酸的测定: GB 5009.124-2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [35] 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, 1998, 10(2): 187-190.
- [36] FAO/WHO Ad Hoc Expert Committee. Energy and protein requirements[M]. Rome: FAO Nutrition Meeting Report Series, 1973: 52.
- [37] 李瑞雪, 汪泰初, 王钰婷, 等. 3种黑木耳营养成分比较分析[J]. 农学学报, 2018, 8(3): 48-52.
- [38] 刘文贺, 苏玲, 王琦. 不同产区黑木耳中营养成分比较分析[J]. 北方园艺, 2020(5): 121-128.
- [39] 姚清华, 颜孙安, 陈美珍, 等. 古田银耳主栽品种基本营养分析与评价[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(7): 1896-1902.
- [40] 马涛, 张李躬, 林钊, 等. 不同银耳产品主要营养成分分析与评估[J]. 中国食用菌, 2019, 38(11): 57-60.
- [41] 谢红, 刘春卉, 苏槟楠, 等. 金耳 8254 的营养价值和药理研究[J]. 中国食用菌, 2000, 19(6): 39-41.
- [42] Yang J H, Lin H C, Mau J L. Non-volatile taste components of several commercial mushrooms[J]. Food Chemistry, 2001, 73(4): 461-466.
- [43] 杨旭昆, 汪禄祥, 叶艳萍, 等. 7种云南产核桃中 17种氨基酸含量测定与必需氨基酸模式分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(6): 1889-1894.