

# 7种云南野生食用菌的氨基酸组成比较分析及营养评价

杨旭昆<sup>1</sup>, 汪禄祥<sup>1\*</sup>, 刘艳芳<sup>1</sup>, 邵金良<sup>1</sup>, 罗红<sup>2</sup>

(1. 云南省农业科学院质量标准与检测技术研究所, 昆明 650205; 2. 云南省农业科学院园艺作物研究所, 昆明 650205)

**摘要:** **目的** 对产自云南本地的7种野生食用菌中的17种氨基酸进行含量测定和营养评价。**方法** 采用酸水解法处理样品后, 利用氨基酸自动分析仪测定样品中的氨基酸含量。计算7种野生菌中必需氨基酸占总氨基酸的质量分数、氨基酸比值、氨基酸比值系数和比值系数分, 并根据世界卫生组织/联合国粮农组织(WHO/FAO)颁布的理想蛋白质必需氨基酸模式谱对7种野生食用菌中的氨基酸进行营养评价。**结果** 7种野生食用菌中氨基酸配比最为合理的是鸡枞和干巴菌, 接近理想蛋白质的要求; 虽然羊肚菌的各类氨基酸含量均高于其他6种野生菌, 但其必需氨基酸所占比例较低; 除羊肚菌外, 其他6种野生菌的鲜味氨基酸含量均高于20%, 其中块菌的鲜味氨基酸含量最高, 达28.65%; 亮氨酸和异亮氨酸在7种野生食用菌中均相对不足, 并且亮氨酸是其中5种野生菌的第一限制氨基酸; 甲硫氨酸在除黑鸡枞以外的其他野生菌中均相对过剩; 鸡枞的氨基酸比值系数分为85.9, 氨基酸营养价值最高, 羊肚菌的比值系数分仅为15.15; 7种野生食用菌中赖氨酸的平均含量是WHO/FAO模式谱的1.40倍。**结论** 各类野生食用菌中的氨基酸含量差异较大, 有必要对更多种类、不同产地的食用菌的氨基酸配比开展深入研究。

**关键词:** 野生食用菌; 必需氨基酸; WHO/FAO模式谱; 氨基酸营养评价

## Composition comparison and nutritional evaluation of amino acids in 7 kinds of wild edible mushrooms from Yunnan province

YANG Xu-Kun<sup>1</sup>, WANG Lu-Xiang<sup>1\*</sup>, LIU Yan-Fang<sup>1</sup>, SHAO Jin-Liang<sup>1</sup>, LUO Hong<sup>2</sup>

(1. *Quality Standard and Testing Technology Research Institute, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming 650205, China*; 2. *Horticultural Crops Research Institute, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming 650205, China*)

**ABSTRACT: Objective** To determine the content and evaluate the nutritional value of 17 kinds of amino acids in 7 kinds of wild edible mushrooms from Yunnan province. **Methods** The mushroom samples were treated with acid hydrolysis, and then the content of amino acids were determined by amino acid autoanalyzer. In order to evaluate the nutritional value of amino acids in 7 kinds of wild edible mushrooms, the proportion of essential amino acids (EAA) in the total amino acids, ratio of amino acid (RAA), ratio coefficient of amino acid (RC), and score of ratio coefficient of amino acid (SRC) were calculated, and the results were compared with the ideal WHO/FAO recommended pattern

基金项目: 云南省卫生计生委项目

**Fund:** Supported by Program of Health and Family Planning Commission of Yunnan Province

\*通讯作者: 汪禄祥, 研究员, 主要研究方向为食品安全检测。E-mail: wangluxiang@sina.com

\*Corresponding author: WANG Lu-Xiang, Researcher, Quality Standard and Testing Technology Institute, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, No.2238, Beijing Road, Panlong District, Kunming 650205, China. E-mail: wangluxiang@sina.com

of essential amino acids in protein. **Results** Among the 7 kinds of wild edible mushrooms, amino acid composition of *Collybia albuminosa* and *Thelephora ganbajun* Zang were the most reasonable which were close to the desired protein. Although the content of different kinds of amino acids in *Morchella esculenta* (L.) Pers. were all higher than those in other 6 kinds of wild mushrooms, its ratio of essential amino acids was low. Except for the *Morchella esculenta* (L.) Pers., the content of taste amino acids in other 6 kinds of wild mushrooms were all higher than 20%, and the value in *Tuber aestivum* Vittad was the highest which was up to 28.65%. Leucine and isoleucine were relatively insufficient in all the 7 kinds of wild mushrooms, and leucine was the first limited amino acid in 5 kinds of wild mushrooms. Methionine was relatively abundant in wild mushrooms except *Termitomyces fuliginous*. The SRC of *Collybia albuminosa* was 85.9 which indicated that the nutritional value of it was the highest, and the SRC of *Morchella esculenta* (L.) Pers. was only 15.15. The average content of lysine in 7 kinds of wild edible mushrooms was 1.40 times of that in WHO/FAO recommended pattern. **Conclusion** There are large differences for the content of amino acids in different kinds of wild edible mushrooms, and it is necessary to carry out in-depth study on the amino acid composition in more kinds of edible mushrooms from different origin.

**KEY WORDS:** wild edible mushroom; essential amino acid; WHO/FAO recommended pattern; amino acid nutrition evaluation

## 1 引言

云南省地处低纬度高原地区, 属多山省份, 盆地、河谷、丘陵、低山、中山、高山、山原和高原相间分布, 各类地貌差异很大, 类型复杂多样。全省土地面积中约 84% 是山地, 10% 是高原和丘陵, 6% 为坝子(盆地、河谷)。云南独特的地理环境形成了独特的气候条件, “一山分四季, 十里不同天”, 一省兼有寒、温、热三带气候, 为世间罕见。独特的气候和地理条件为野生食用菌的生长和繁衍提供了优质的生态环境<sup>[1]</sup>。世界已知的 2000 多种野生食用菌中, 我国已有近 1000 种被鉴定, 其中云南省野生食用菌的种类最齐全、生物总量最大, 其数量和自然产量居全国首位, 占我国食用菌产量的 80%, 占世界食用菌产量的 40%。全省境内野生食用菌的生长地覆盖 126 个县, 出菌时间长达半年<sup>[1,2]</sup>。

野生食用菌不仅味道鲜美、质地脆嫩, 而且营养丰富, 其富含蛋白质、氨基酸、维生素、矿物质和膳食纤维等, 而脂肪、糖及热量等的含量较低, 并且其提取物具有增强免疫力、抗癌、抗辐射等功能, 是现代生活中的“健康食品”<sup>[3,4]</sup>。研究野生食用菌的氨基酸组成, 并对其进行比较分析, 有利于更好地了解和利用其中的有效成分。目前, 食用菌的相关研究报道主要针对香菇、鸡腿菇、茶树菇及杏鲍菇等人工食用菌, 野生食用菌主要围绕牛肝菌、松茸和块菌展开, 而对羊肚菌、黑鸡枞和干巴菌等西南地区特有的野生菌, 在氨基酸组成层面上评价其营养价值及口感的研究报道较少<sup>[5]</sup>。本研究测定了云南昆明市场上羊肚菌(*Morchella esculenta* (L.) Pers.)、牛肝菌(*Boletus edulis* Bull)、鸡枞(*Collybia albuminosa*)、黑鸡枞(*Termitomyces*

*fuliginous*)、松茸(*Tricholoma matsutake* [S. Ito et Imai] Sing)、干巴菌(*Thelephora ganbajun* Zang)和块菌(*Tuber aestivum* Vittad) 7 种野生食用菌的氨基酸组成, 分析和比较了不同野生菌的氨基酸组成比例, 并根据世界卫生组织/联合国粮农组织(WHO/FAO)颁布的理想蛋白质必需氨基酸模式谱<sup>[8,9]</sup>对 7 种野生食用菌中的氨基酸进行营养评价。

## 2 材料与方法

### 2.1 材料

羊肚菌(2 份)、牛肝菌(7 份)、鸡枞(3 份)、黑鸡枞(1 份)、松茸(2 份)、干巴菌(2 份)和块菌(2 份), 均产自云南昆明(成品包装, 购买自超市)。

### 2.2 主要仪器与试剂

WLY-100 样品粉碎机(上海梦祥电器有限公司); BINDER FD 115 干燥箱(美国 BINDER 公司); L-8800 氨基酸自动分析仪(日本日立公司); BSA224S-CW 电子分析天平(赛多利斯科学仪器(北京)有限公司)。

100 nmol/mL 的混合氨基酸标准品(美国 Sigma 公司); 无水碳酸钠(天津市风船化学试剂科技有限公司); 柠檬酸钠、茚三酮、95%乙醇、氢氧化钠、氯化钠、冰乙酸、盐酸、柠檬酸(分析纯, 国药集团化学试剂有限公司)。

### 2.3 氨基酸测定

样品在 70 °C 烘箱中烘干后磨粉, 过 80 目筛, 置于干燥器中备用。称取 100 mg 粉末样品加入水解管中(防止挂壁), 加入 100 mL 6 mol/L 的盐酸, 封管后置于烘箱中, 于 110 °C 水解 22~24 h; 取出水解管, 冷却至室温后开管, 将

样品进行过滤、定容和脱酸<sup>[6,7]</sup>。

测定条件: 分离柱(4.6 mm×60.0 mm)柱温为 57.0 °C, 反应器温度为 136 °C, 泵 1(洗脱溶液)流速为 0.40 mL/min, 泵 2(茚三酮溶液)流速为 0.35 mL/min, 进样量为 20 μL。由于采用酸水解法处理样品, 因此本研究不考虑色氨酸的测定。

## 2.4 营养评价方法

根据 1973 年世界卫生组织/联合国粮农组织(WHO/FAO)修订的理想蛋白质人体必需氨基酸模式谱<sup>[8,9]</sup>计算不同野生菌样品中的下列指标:

(1)必需氨基酸(essential amino acid, EAA)占总氨基酸的质量分数

$$EAA\% = \frac{\text{样品必需氨基酸含量}}{\text{样品总氨基酸含量}}$$

(2)氨基酸比值(ratio of amino acid, RAA)

RAA=待测氨基酸的 EAA 值/模式谱中氨基酸的相应 EAA 值, 即样品中某种必需氨基酸的含量与 WHO/FAO 模式谱中相应氨基酸含量的比值。由于胱氨酸和酪氨酸分别由蛋氨酸和苯丙氨酸转变而成, 因此将苯丙氨酸和酪氨酸、蛋氨酸和胱氨酸分别合并计算。

(3)氨基酸比值系数(ratio coefficient of amino acid, RC)

RC=RAA/RAA 平均值, RC 大于 1 表明该种必需氨基酸相对过剩, RC 等于 1 表明其组成比例与模式谱一致, RC 小于 1 表明该种必需氨基酸相对不足, RC 最小者为第一限制氨基酸。

(4)比值系数分(score of ratio coefficient of amino acid, SRC)

SRC=100-CV×100, 其中 CV 为 RC 的变异系数。当 SRC=100 时, 表明该野生菌中必需氨基酸的组成比例与模式谱一致, SRC 越接近 100, 表明野生菌的营养价值越高, SRC 越小, 则营养价值越低<sup>[6,7]</sup>。

## 3 结果与分析

### 3.1 7 种野生食用菌的氨基酸组成

使用氨基酸自动分析仪对样品溶液进行测定, 7 种野生菌样品中的氨基酸组成及含量如表 1 所示。从表中可以看出, 7 种野生菌的氨基酸总量大小从高到低为: 羊肚菌(23.44%) > 块菌(3.49%) > 干巴菌(3.4%) > 鸡枞(3.02%) > 牛肝菌(2.73%) > 黑鸡枞(1.67%) > 松茸(1.38%), 羊肚菌的氨基酸总量远远高于其他菌类。对于羊肚菌来说, 其丝氨酸、胱氨酸和脯氨酸含量分别是其他 6 种野生菌相应氨基酸含量平均值的 35.2、19.0 和 17.9 倍; 蛋氨酸、甘氨酸、天冬氨酸、精氨酸、苏氨酸及组氨酸含量也达到了其他 6 种野生菌的 10 倍左右; 剩余的亮氨酸、异亮氨酸、苯丙氨酸、赖氨酸、酪氨酸、丙氨酸、谷氨酸和缬氨酸的含量分别是其他 6 种野生菌相应平均值的 7.9、7.5、7.5、6.4、5.8、3.8、2.5 和 2.0 倍。可见, 羊肚菌中氨基酸含量丰富, 其氨基酸、

必需氨基酸、非必需氨基酸及鲜味氨基酸的总量均远远超过其他 6 种野生菌。

虽然羊肚菌的各类氨基酸含量都较高, 但其丝氨酸、胱氨酸和脯氨酸等非必需氨基酸的高含量使苏氨酸等必需氨基酸的比例明显降低。因此, 羊肚菌的必需氨基酸含量比例与其他 6 种野生菌相比并无优势。在 7 种野生菌中, 羊肚菌的必需氨基酸含量比例(即 E/N 值和 E/T 值)最低, 而松茸的必需氨基酸含量比例最高。根据 WHO/FAO 提出的理想蛋白质中 E/T 为 40%左右, E/N 在 60%以上的要求, 7 种野生菌中必需氨基酸的比例较为理想的是鸡枞和干巴菌。

谷氨酸和天冬氨酸是鲜味氨基酸中的特征氨基酸, 谷氨酸的鲜味最强。食用菌中鲜味氨基酸的组成和含量决定了其口味的鲜美和可口程度<sup>[10]</sup>。本研究的结果表明, 除羊肚菌外, 谷氨酸在其他 6 种野生菌中的含量均最高; 天冬氨酸在牛肝菌、黑鸡枞、松茸、干巴菌和块菌中的含量也较高。虽然羊肚菌中鲜味氨基酸的含量比例在 7 种野生菌中是最低的, 但其鲜味氨基酸的总量最高, 是其他 6 种野生菌的 3 至 10 倍。与常见的叶、花、茎类蔬菜及瓜果相比, 本研究中 7 种野生菌中的鲜味氨基酸总含量要高很多<sup>[11]</sup>。除羊肚菌外, 其他 6 种野生菌的鲜味氨基酸含量比例均在 20%以上, 块菌中的鲜味氨基酸含量比例最高, 达到 28.65%, 表明这些野生菌口感鲜美。

### 3.2 7 种野生食用菌的必需氨基酸配比及营养评价

氨基酸比值系数法是氨基酸营养评价的常用方法。该方法以氨基酸平衡理论为基础, 评价目标物质的必需氨基酸比例是否接近或符合 WHO/FAO 的氨基酸模式要求, 一般来说, 比例越接近, 则目标物质的营养价值越高。本研究将 7 种野生食用菌中的必需氨基酸比例与模式谱进行比较, 发现牛肝菌、鸡枞和松茸的必需氨基酸比例均高于 WHO/FAO 模式谱; 羊肚菌、黑鸡枞和干巴菌中的亮氨酸比例则低于模式谱。此外, 羊肚菌中缬氨酸、黑鸡枞中甲硫氨酸和胱氨酸、块菌中异亮氨酸的比例也低于模式谱。7 种野生菌中各种必需氨基酸的 EAA 值、WHO/FAO 模式谱中相应氨基酸的 EAA 值及各必需氨基酸的 RAA 值见表 2 和表 3。

根据表 3 中的 RC 值可以看出, 羊肚菌中除蛋氨酸和胱氨酸的总含量相对过剩外, 其他必需氨基酸均相对不足, 其中缬氨酸的 RC 值仅为 0.22, 是羊肚菌的第一限制氨基酸。7 种野生菌中相对过剩和不足的氨基酸不尽相同, 但总的来说, 亮氨酸和异亮氨酸在 7 种野生菌中均表现为相对不足, 并且亮氨酸是牛肝菌、鸡枞、松茸、干巴菌和块菌 5 种野生菌的第一限制氨基酸; (蛋氨酸+胱氨酸)是黑鸡枞的第一限制氨基酸, 但在其他 6 种野生菌中均为相对过剩。

7 种野生菌的 SRC 值由高到低分别为鸡枞(85.91) > 块菌(73.06) > 松茸(70.63) > 牛肝菌(70.17) > 黑鸡枞(66.19) > 干巴菌(58.34) > 羊肚菌(15.15)。可见, 7 种野生菌中鸡枞的营养价值最高, 是优质的植物蛋白资源; 块菌、松茸、牛

肝菌和黑鸡枞的营养价值仅次于鸡枞, 其 SRC 值在 70 左右。虽然羊肚菌中的各类氨基酸含量比其他 6 种野生菌都要高, 但丝氨酸等非必需氨基酸的高含量使其苏氨酸等必需氨基酸所占比例明显降低。另一方面, 羊肚菌中必需

氨基酸含量的高低不一使其氨基酸比值系数波动较大, RC 值在 0.22~2.85 的区间内变化, 呈现出较高的变异系数, 导致其氨基酸的 SRC 值仅为 15.15, 比其他 6 种野生菌明显降低。

表 1 7 种野生食用菌的氨基酸组成及含量(%)  
Table 1 Composition and content of amino acids of 7 kinds of wild edible mushrooms(%)

氨基酸	羊肚菌	牛肝菌	鸡枞	黑鸡枞	松茸	干巴菌	块菌
天冬氨酸(Asp) <sup>#</sup>	2.16	0.20	0.21	0.13	0.10	0.23	0.46
苏氨酸(Thr) <sup>*</sup>	1.23	0.17	0.18	0.09	0.08	0.18	0.14
丝氨酸(Ser)	4.43	0.09	0.13	0.08	未检出	0.16	0.17
谷氨酸(Glu) <sup>#</sup>	1.06	0.38	0.60	0.28	0.25	0.47	0.54
甘氨酸(Gly)	1.48	0.16	0.15	0.08	0.08	0.21	0.21
丙氨酸(Ala)	0.75	0.25	0.28	0.08	0.11	0.27	0.20
胱氨酸(Cys)	2.57	0.15	0.10	0.04	0.11	0.23	0.18
缬氨酸(Val) <sup>*</sup>	0.36	0.19	0.21	0.14	0.11	0.20	0.24
蛋氨酸(Met) <sup>*</sup>	0.73	0.09	0.05	未检出	0.02	0.12	0.06
异亮氨酸(Ile) <sup>*</sup>	1.00	0.14	0.15	0.07	0.08	0.20	0.16
亮氨酸(Leu) <sup>*</sup>	1.44	0.22	0.22	0.1	0.12	0.21	0.23
酪氨酸(Tyr)	0.75	0.09	0.13	0.09	0.05	0.26	0.16
苯丙氨酸(Phe) <sup>*</sup>	1.00	0.14	0.17	0.09	0.08	0.16	0.16
赖氨酸(Lys) <sup>*</sup>	1.36	0.20	0.23	0.13	0.11	0.30	0.30
组氨酸(His)	0.64	0.08	0.10	0.06	0.04	0.11	0.08
精氨酸(Arg)	1.65	0.18	0.17	0.21	0.11	0.18	0.22
脯氨酸(Pro)	0.61	0.06	0.02	未检出	0.01	0.05	0.03
氨基酸总量(T)	23.44	2.73	3.02	1.67	1.38	3.40	3.49
必需氨基酸总量(E)	7.12	1.15	1.21	0.62	0.6	1.37	1.29
非必需氨基酸总量(N)	16.32	1.58	1.81	1.05	0.78	2.03	2.2
鲜味氨基酸总量(W)	3.22	0.58	0.81	0.41	0.35	0.7	1
E/N(%)	43.63	72.78	66.85	59.05	76.92	67.49	58.63
E/T(%)	30.38	42.12	40.07	37.13	43.48	40.29	36.96
W/T(%)	13.74	21.25	26.82	24.55	26.36	20.59	28.65

注: \*为必需氨基酸, #为鲜味氨基酸。

表 2 7 种野生食用菌中必需氨基酸的 EAA 值  
Table 2 The EAA values of essential amino acids of 7 kinds of wild edible mushrooms

氨基酸	WHO/FAO 模式谱 EAA 值	羊肚菌	牛肝菌	鸡枞	黑鸡枞	松茸	干巴菌	块菌
Thr	4	5.25	6.23	5.96	5.39	5.80	5.29	4.01
Val	5	1.54	6.96	6.95	8.38	7.97	5.88	6.88
Met+Cys	3.5	14.08	8.79	4.97	2.40	9.42	10.29	6.88
Ile	4	4.27	5.13	4.97	4.19	5.80	5.88	4.58
Leu	7	6.14	8.06	7.28	5.60	8.70	6.18	6.59
Phe+Tyr	6	7.47	8.42	9.93	10.78	9.42	12.35	9.17
Lys	5.5	5.80	7.32	7.62	7.78	7.97	8.82	8.60

表3 7种野生食用菌中必需氨基酸的 RAA、RC 和 SRC 值  
Table 3 Values of RAA, RC and SRC of essential amino acids of 7 kinds of wild edible mushrooms

氨基酸	羊肚菌		牛肝菌		鸡枞		黑鸡枞		松茸		干巴菌		块菌	
	RAA	RC												
Thr	1.31	0.93	1.56	1.03	1.49	1.08	1.35	1.08	1.45	0.89	1.32	0.81	1.00	0.73
Val	0.31	0.22	1.39	0.92	1.39	1.01	1.68	1.34	1.59	0.97	1.18	0.72	1.38	1.01
Met+Cys	4.02	2.85	2.51	1.65	1.42	1.03	0.69	0.55	2.69	1.65	2.94	1.80	1.97	1.45
Ile	1.07	0.76	1.28	0.84	1.24	0.90	1.05	0.84	1.45	0.89	1.47	0.90	1.15	0.84
Leu	0.88	0.62	1.15	0.76	1.04	0.76	0.8	0.64	1.24	0.76	0.88	0.54	0.94	0.69
Phe+Tyr	1.25	0.88	1.40	0.92	1.66	1.21	1.80	1.44	1.57	0.96	2.06	1.26	1.53	1.12
Lys	1.05	0.74	1.33	0.88	1.39	1.01	1.41	1.12	1.45	0.89	1.60	0.98	1.56	1.15
SRC	15.15		70.17		85.91		66.19		70.63		58.34		73.06	

### 3.3 7种野生食用菌的赖氨酸含量特征

赖氨酸是帮助其他营养物质被人体充分吸收和利用的关键物质,科学家称其是人体“第一必需氨基酸”和“最特别的、不可缺少的氨基酸”<sup>[13]</sup>。本研究中,7种野生菌的赖氨酸含量比值均超过了WHO/FAO模式谱中的比值,平均倍数为1.40倍,其中倍数最低的是羊肚菌1.05倍,最高的是干巴菌1.60倍。在鸡枞、黑鸡枞和块菌中,赖氨酸表现为相对过剩,该结果与前人的报道一致。因此,可以考虑利用这些食用菌来解决大米等谷物类主食的赖氨酸限制问题。然而,也有研究发现赖氨酸是香菇和双孢蘑菇2种人工食用菌的第一限制氨基酸<sup>[14,15]</sup>。

## 4 讨论

蛋白质经机体胃肠道中多种蛋白酶及肽酶的共同作用被分解、吸收,如果机体获取的氨基酸中缺少某种必需氨基酸,如上述某种限制氨基酸,则会极大地降低蛋白质的整体利用率,从而使其他被吸收的氨基酸在机体中被排泄或残留。因此,在蛋白质的质量评价中,必需氨基酸的组成及含量是至关重要的指标,可以用于评价蛋白质中必需氨基酸之间的比例是否合理<sup>[12]</sup>。在本研究中,虽然羊肚菌的各类氨基酸含量均很高,但是较高的非必需氨基酸权重使得必需氨基酸比例较低。此外,各种必需氨基酸含量比重的高低不一,特别是缬氨酸的超低比重使得其SRC在7种野生菌中最低。针对此问题,羊肚菌在食用时可以考虑与其他缬氨酸含量比例较高的食物一起食用,以提高羊肚菌中各类氨基酸的吸收利用率。

以往的研究表明,甲硫氨酸是茶树菇、秀珍菇、金福菇、香菇、杏鲍菇、革质红菇及姬松茸的第一限制氨基酸<sup>[12,14,15]</sup>。在本研究中,除了黑鸡枞,在其他6种野生菌中甲硫氨酸均表现为含量过剩。同样,不同食用菌中也出现了

赖氨酸有的相对过剩,有的相对不足,甚至是第一限制氨基酸的情形。因此,不同食用菌的氨基酸组成结构不同,不能笼统地认为食用菌富含某类氨基酸,并笼统地将食用菌定义为“植物肉”,认为食用菌可以弥补植物营养中缺乏的氨基酸。在之后的研究中,有必要进一步研究更多种类的食用菌中氨基酸的组成及配比,进一步研究野生食用菌及人工食用菌间、不同产地的食用菌间及食用菌的不同器官结构间氨基酸的含量特征与区别,帮助人们进一步理解和应用食用菌。

### 参考文献

- [1] 鲁永新, 田侯明, 杨海抒, 等. 云南省野生食用菌气候生境特征与评价[J]. 中国生态农业学报, 2015, 23(6): 748-757.  
Lu YX, Tian HM, Yang HS, et al. Characteristics of climate habitats of edible wild fungi in Yunnan Province [J]. Chin J Eco-Agric, 2015, 23(6): 748-757.
- [2] 邵丽梅, 赵春艳, 郭相, 等. 云南几类野生食(药)用菌资源开发应用前景[J]. 中国食用菌, 2013, 32(2): 4-6.  
Tai LM, Zhao CY, Guo X, et al. Prospects of exploitation and utilization on several kinds of high economic value of wild edible and medicinal fungi resource in Yunnan [J]. Edible Fungi China, 2013, 32(2): 4-6.
- [3] 陈杰, 徐冲. 食用菌加工产业研究现状与前景[J]. 微生物学杂志, 2013, 33(3): 94-96.  
Chen J, Xu C. Status quo and prospects of edible fungi processing industry [J]. J Microbiol, 2013, 33(3): 94-96.
- [4] 周素娟, 张晓娜. 食用菌保健功能及保健食品应用与开发[J]. 中国食用菌, 2015, 34(1): 4-6.  
Zhou SJ, Zhang XN. Health function of edible mushroom and the development of health foods [J]. Edible Fungi China, 2015, 34(1): 4-6.
- [5] 孙灿, 林佳, 万玉萍, 等. 云南省常见野生食用菌的氨基酸含量[J]. 植物分类与资源学报, 2012, 34(1): 89-92.  
Sun C, Lin J, Wan YP, et al. Amino acids contents of common wild edible mushroom in Yunnan Province [J]. Plant Diver Resour, 2012, 34(1): 89-92.

- [6] 杨芳, 杨万林, 陈景玉, 等. 珠子参地上部分氨基酸测定及营养评价[J]. 氨基酸和生物资源, 2013, 35(2): 1-4.  
Yang F, Yang WL, Chen JY, *et al.* Analysis and nutritional evaluation of amino acids in *Panaxis majoris* [J]. Amino Acid Bio Resour, 2013, 35(2): 1-4.
- [7] 林忠宁, 陈敏健, 刘明香, 等. 双孢蘑菇菌脚氨基酸含量的测定及营养评价[J]. 氨基酸和生物资源, 2011, 33(4): 20-23.  
Lin ZN, Chen MJ, Liu MX, *et al.* Determination of the contents of amino acids and nutritional evaluation of *Agaricus bisporus* Stembase [J]. Amino Acid Bio Resour, 2011, 33(4): 20-23.
- [8] WHO/FAO. Energy and protein requirements. Report of a joint FAO/WHO ad hoc expert committee. Rome, 22 March-2 April 1971 [R]. FAO Nutrition Meetings Report, 1973: 52-63.
- [9] WHO/FAO. Protein quality evaluation in human diets [R]. Rome: Food and Agriculture Organization, 1991.
- [10] 张升利, 孙向军, 张欣, 等. 长吻鮠含肉率及肌肉营养成分分析[J]. 大连海洋大学学报, 2013, 28(1): 83-88.  
Zhang SL, Sun XJ, Zhang X, *et al.* The dressing rate and nutrient components in muscle of *Leiocassis longirostris* [J]. J Dalian Ocean Univ, 2013, 28(1): 83-88.
- [11] 杨月欣, 王光亚, 潘兴昌. 中国食物成分表[M]. 北京: 北京大学医学出版社, 2009, 193-220.  
Yang YX, Wang GY, Pan XC. China food composition [M]. Beijing: Peking University Medical Press, 2009, 193-220.
- [12] 高观世, 张陶, 吴素蕊, 等. 食用菌蛋白质评价及品种间氨基酸互补性分析[J]. 中国食用菌, 2012, 31(1): 35-38.  
Gao GS, Zhang T, Wu SR, *et al.* Quality evaluation of protein in the edible fungus and utilizing the complementary principle of amino acid to improve the nutritional value of protein [J]. Edible Fungi China, 2012, 31(1): 35-38.
- [13] 张楷正, 曹新志, 肖雄峻. 晒酒的氨基酸组成及营养评价[J]. 食品与发酵工业, 2016, 42(3): 202-206.  
Zhang KZ, Cao XZ, Xiao XJ. Amino acid compositions and nutritional evaluation of Za wine [J]. Food Ferment Ind, 2016, 42(3): 202-206.
- [14] 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 QL, Li ZH, Chen SQ. Analysis of amino acid composition and nutritional evaluation in 5 local edible fungus [J]. Food Mach, 2014, 30(6): 43-46, 81.
- [15] 姜萍萍, 韩焯, 顾赛红, 等. 五种食用菌氨基酸含量的测定及营养评价[J]. 氨基酸和生物资源, 2009, 31(2): 67-71.  
Jiang PP, Han Y, Gu SH, *et al.* Determination of amino acids in 5 edible fungi and their nutritional evaluation [J]. Amino Acid Bio Resour, 2009, 31(2): 67-71.

(责任编辑: 刘 丹)

## 作者简介



杨旭昆, 助理研究员, 主要研究方向为食品安全。

E-mail: yangyimin1995724@sina.com



汪禄祥, 硕士, 研究员, 主要研究方向为食品安全检测研究。

E-mail: wangluxiang@sina.com