

基于氨基酸种类对不同竹荪品种的营养比较分析

查兴雪¹, 徐彦军¹, 赵霞¹, 宋 璠¹, 王 烜¹, 桂 阳²

(1. 贵州大学食用菌研究院·贵州省食用菌产业体系 贵阳 550025; 2. 贵州省农作物品种资源研究所 贵阳 550001)

摘 要:为探究马尾松-皂角混交林下仿野生栽培的3种不同竹荪的常规营养成分和氨基酸含量差异,通过氨基酸比值系数法结合FAO/WHO中的氨基酸评分对红托竹荪 *Phallus rubrovolvatus*、长裙竹荪 *P. indusiatus* 和棘托竹荪 *P. echinvolvatus* 进行氨基酸含量测定分析。结果表明,3种竹荪均含有蛋白质、脂肪、淀粉、灰分、维生素B6、维生素B2等常规营养成分,符合食用菌高蛋白、低脂肪的特点;在3种竹荪中均检测到7种矿质元素,含5种人体必需微量元素,Ca和Fe含量(w,后同)最高,均超过65 mg·kg⁻¹;氨基酸组分测定中共检测到16种氨基酸,红托竹荪和长裙竹荪中共检测到15种,棘托竹荪中14种,均未检测到蛋氨酸;根据FAO/WHO推荐模式比较,必需氨基酸占氨基酸总量由高到低分别为长裙竹荪35.14%>红托竹荪26.04%>棘托竹荪24.18%,长裙竹荪的氨基酸含量最接近FAO/WHO模式氨基酸理想模式的要求;氨基酸评分(AAS)和化学评分(CS)均表现为棘托竹荪>红托竹荪>长裙竹荪;棘托竹荪的氨基酸比值系数分(SRCAA)为54.86,高于长裙竹荪(39.76)和红托竹荪(14.90)。说明不同竹荪品种在营养特性上存在一定差异,同时也为品种选育和生产推广提供了一定的理论依据。

关键词:竹荪;氨基酸;品种;营养元素

中图分类号:S646.8

文献标志码:A

文章编号:1673-2871(2025)08-131-05

Nutritional comparative analysis of different *Phallus* varieties based on amino acid types

ZHA Xingxue¹, XU Yanjun¹, ZHAO Xia¹, SONG Liu¹, WANG Xuan¹, GUI Yang²

(1. Institute of Edible Fungi, Guizhou University/Guizhou Province Edible Mushroom Industry System, Guiyang 550025, Guizhou, China;

2. Guizhou Provincial Institute of Crop Variety Resources, Guiyang 550001, Guizhou, China)

Abstract: In order to explore the difference of routine nutritional composition and amino acid content of three kinds of *Phallus*, the amino acid content of three kinds of *P. rubrovolvatus*, *P. indusiata* and *P. echinvolvatus* were determined by amino acid ratio coefficient method combined with amino acid score in FAO/WHO. The results showed that the three kinds of *Phallus* contained protein, fat, starch, ash, vitamin B6, B2 and other conventional nutrients. It accords with the characteristics of high protein and low fat of edible fungi. Seven kinds of mineral elements were detected in all three kinds of *Phallus*, including 5 kinds of essential trace elements for human body, and the contents of Ca and Fe were the highest. 16 kinds of amino acids were detected by amino acid composition determination of more than 65 mg·kg⁻¹; 15 species of *P. rubrovolvatus* and *P. indusiata* were detected, and 14 species of *P. echinvolvatus* were detected, all of which were methionine. According to the comparison of the contents of essential amino acids in protein and egg protein recommended by FAO/WHO, the proportion of essential amino acids in total amino acids was 35.14%, 26.04% and 24.18%, respectively, in *P. indusiata*, *P. rubrovolvatus* and *P. echinvolvatus*. The amino acid content of *P. echinvolvatus* was the most close to the requirement of ideal amino acid model of FAO/WHO model. AAS and CS showed that *P. echinvolvatus* was higher than that of *P. indusiata* and *P. rubrovolvatus*. The SRCAA of *P. echinvolvatus* was 54.86, which was higher than that of *P. indusiata* (39.76) and *P. rubrovolvatus* (14.90). The results showed that there were some differences in nutritional characteristics among different *Phallus* varieties, which also provided a theoretical basis for variety breeding and production promotion.

Key words: *Phallus*; Amino acid; Variety; Nutrient element

收稿日期:2024-11-20;修回日期:2025-02-24

基金项目:国家重点研发计划(2023YFD2200903);黔科合支撑(2022)一般 123

作者简介:查兴雪,女,在读硕士研究生,研究方向为蔬菜(食用菌)生理生态与高效栽培。E-mail:2679491180@qq.com

通信作者:徐彦军,男,教授,主要从事食用菌教学与科研等工作。E-mail:gdxyj1996@126.com

竹荪隶属于鬼笔目(Phallales)鬼笔科(Phallaceae)中的竹荪属(*Phallus*),别名竹蕈、竹君、竹参等^[1]。其常寄生于枯竹根部,具圆柱形或拟纺锤形的柄,菌盖与菌裙相接,菌盖呈钟罩状,具黏液,菌裙网状,模式种 *Phallus indusiatus*。根据真菌索引(index fungorum)记录了目前鬼笔属真菌名称共有54种,中国目前存在的鬼笔属种类有25种,模式产地在我国的竹荪共有12种。

贵州织金红托竹荪是一种生长在贵州省织金县林地的珍贵食用菌,具有较高的经济价值和营养价值,其含有的多糖、蛋白质、氨基酸和维生素等营养物质具有抗氧化和提高免疫力等功效,是名贵的食用菌之一,也被列为草八珍之一,被作为特色优势食用菌在全省大面积推广栽培^[2-3]。市场上常见的竹荪属食用菌有短裙竹荪 *Phallus duplicata*、长裙竹荪 *Phallus indusiatus*、红托竹荪 *Phallus rubrovolvatus* 和棘托竹荪 *Phallus echinovolvatus* 等4个种。

根据FAO/WHO氨基酸评分标准,蛋白质品质的评价主要依据其所含的必需氨基酸的比例和含量^[4],与人体所需蛋白质的比例和含量越接近的必需氨基酸比例越高,其所含营养价值也就越高,蛋白质的营养价值就越高。FAO/WHO氨基酸评分标准被广泛用于评价各种食物和蛋白质补充品的营养价值,帮助人们选择更为均衡和优质的蛋白质来源。本次试验测定分析了马尾松-皂角混交林下仿野生栽培3种竹荪的氨基酸和常规营养成分含量,以期高值化竹荪菌株选育提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试竹荪为红托竹荪、长裙竹荪和棘托竹荪,由贵州美味鲜竹荪产业有限公司(贵州省织金县)提供。

1.2 方法

1.2.1 试验地点 2023年11月在贵州绿健食用菌种植专业合作社的马尾松-皂角混交林下仿野生种植基地内采摘竹荪子实体后置于装有冰袋的泡沫塑料箱中,于24 h内带回贵州大学食用菌研究院处理。

1.2.2 样品处理 取下菌托和菌盖,洗去菌盖表面的孢子,将菌柄和菌盖于45℃烘箱中烘干后组装备用。随机挑选3种竹荪的干样品各500 g,使用粉碎机粉碎后过2 mm孔筛,装入密封袋备用。

1.2.3 营养成分测定 3种竹荪干品粉末委托湖

南广电计量检测有限公司检测。检测方法参照文献[4]。

1.3 营养评价

根据WHO/FAO提出的方法分析蛋白质中氨基酸的种类和含量来评价蛋白质的优质程度,具体公式如下^[4-7]:

(1)氨基酸评分(AAS)=

$$\frac{\text{样品蛋白质中氨基酸含量}}{\text{FAO/WHO评分标准模式中相应必需氨基酸含量}} \times 100\%;$$

(2)化学评分(CS)=

$$\frac{\text{样品蛋白质中氨基酸含量}}{\text{鸡蛋相应必需氨基酸含量}} \times 100\%;$$

(3)氨基酸比值(RAA)=

$$\frac{\text{待测样品蛋白质中某种必需氨基酸含量}}{\text{FAO/WHO评分标准模式中相应必需氨基酸含量}};$$

(4)氨基酸比值系数(RCAA)=

$$\frac{\text{待测样品蛋白质中某种必需氨基酸的RAA}}{\text{各种氨基酸RAA的平均值}};$$

(5)氨基酸比值系数分(SRCAA)= $100 \times (1-CV)$;

$$(6) CV = \frac{\text{RCAA的标准差}}{\text{RCAA的平均数}}。$$

1.4 数据分析

采用Excel 2021、SPSS Statistics 26进行数据处理和差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 常规营养成分评价

如表1所示,棘托竹荪蛋白质、脂肪、能量和淀粉含量(w,后同)均最高,分别为 $(20.94 \pm 0.54) \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ 、 $(1.93 \pm 0.09) \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ 、 $(1438.00 \pm 71.27) \text{ kJ} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ 和 $(13.78 \pm 2.02) \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$;红托竹荪灰分含量最高;长裙竹荪维生素B6(以吡哆醇计)和维生素B2(以核黄素计)含量均高于红托竹荪和棘托竹荪。棘托竹荪蛋白质含量、脂肪含量与红托竹荪、长裙竹荪有显著差异,后两者脂肪含量均 $\leq 1 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ 。3种竹荪其他营养成分含量均无显著差异,均表现为蛋白质含量和淀粉含量都比较高,灰分含量次之,脂肪含量最低,既能给机体提供能量又能补充营养,符合食用菌“高蛋白、低脂肪”的特征。

2.2 矿质元素评价

矿质元素参与人体多种代谢途径,试验检测了3种竹荪子实体中7种矿质元素含量(表2),包含钠(Na)、锌(Zn)、铬(Cr)、铜(Cu)、钙(Ca)、铁(Fe)、

表 1 3 种竹荪中常规营养成分含量比较

Table 1 Comparison of the contents of conventional nutrients in three species of *Phallus*

材料 Material	w(蛋白质) Protein content/ (g·100 g ⁻¹)	w(脂肪) Fat content/ (g·100 g ⁻¹)	能量 Energy/ (kJ·100 g ⁻¹)	w(淀粉) Amylum content/ (g·100 g ⁻¹)	w(灰分) Ash content/ (g·100 g ⁻¹)	w(Vitamin B6) content/ (g·100 g ⁻¹)	w(Vitamin B2) content/ (g·100 g ⁻¹)
红托竹荪 <i>P. rubrovolvata</i>	15.45±1.00 b	0.82±0.05 b	1 388.33±66.5 a	11.37±1.08 a	5.89±0.66 a	0.52±0.09 b	0.23±0.01 a
长裙竹荪 <i>P. indusiata</i>	16.19±0.91 b	0.89±0.18 b	1 364.00±71.71 a	10.72±1.41 a	5.32±0.85 a	2.81±0.21 a	0.34±0.09 a
棘托竹荪 <i>P. echinovolvata</i>	20.94±0.54 a	1.93±0.09 a	1 438.00±71.27 a	13.78±2.02 a	4.33±0.98 a	0.44±0.07 b	0.24±0.04 a

注:同列数据后不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著。表 2 同。

Note: Different lowercase letters in the same column indicate significant difference at 0.05 level. The same as table 2.

表 2 3 种竹荪中矿质元素含量测定结果

Table 2 Determiration of mineral elements in three kinds of *Phallus* (mg·kg⁻¹)

材料 Material	w(Na)	w(Zn)	w(Cr)	w(Cu)	w(Ca)	w(Fe)	w(Se)
红托竹荪 <i>P. rubrovolvata</i>	8.15±0.61 a	34.01±2.88 a	0.32±0.03 a	24.70±2.15 a	67.55±2.05 b	77.85±4.62 b	0.55±0.09 c
长裙竹荪 <i>P. indusiata</i>	6.88±0.35 b	23.80±1.30 b	0.38±0.08 a	23.61±1.13 a	83.04±8.50 a	93.13±4.81 a	1.56±0.07 b
棘托竹荪 <i>P. echinovolvata</i>	5.92±0.44 c	31.55±2.84 a	0.37±0.05 a	28.19±3.55 a	80.13±3.84 a	65.88±6.12 c	2.15±0.12 a

硒(Se)7 种。3 种竹荪中 Ca 含量和 Fe 含量都很高,均超过 65 mg·kg⁻¹,Fe 和 Se 含量差异显著,Cr 和 Cu 两种矿质元素含量无显著差异。

2.3 氨基酸组成及含量分析

3 种竹荪子实体的氨基酸组分及含量测定结果见表 3。3 种竹荪子实体中检测到 6 种必需氨基酸,种类大致相同,分别为苏氨酸(Thr)、赖氨酸(Lys)、缬氨酸(Val)、亮氨酸(Leu)、苯丙氨酸(Phe)、异亮氨酸(Ile),均未检测到蛋氨酸(Met),且棘托竹荪中无亮氨酸。氨基酸总量由高到低分别为棘托竹荪 6.74 g·100 g⁻¹、长裙竹荪 6.09 g·100 g⁻¹、红托竹荪 1.92 g·100 g⁻¹,而 EAA/TAA 表现为长裙竹荪(0.36 g·100 g⁻¹)>红托竹荪(0.28 g·100 g⁻¹)>棘托竹荪(0.27 g·100 g⁻¹)。3 种竹荪中 Glu、Tyr、Phe、His、Lys、Arg 6 种氨基酸含量具显著差异,Val 和 Ile 含量无显著差异,Asp、Ser 和 Ala 在棘托竹荪和长裙竹荪中差异不明显,在红托竹荪中含量明显较低。

根据 FAO/WHO 推荐模式蛋白质及鸡蛋蛋白质中必需氨基酸含量比较(表 4),缬氨酸为 3 种竹荪的第一限制性氨基酸,必需氨基酸总量由高到低分别为长裙竹荪 35.14%>红托竹荪 26.04%>棘托竹荪 24.18%,均低于鸡蛋模式 49.70%和 FAO/WHO 模式 35.00%(长裙竹荪除外)。

食物蛋白质营养价值评价方法最为广泛地包含化学评分(CS)和氨基酸评分(AAS),这两种方法常适用于单一食物蛋白质的评价,也可用于混合食物蛋白质的评价。CS 和 AAS 越接近 100,则表示

表 3 3 种竹荪中氨基酸含量及组成

Table 3 Composition content and of amino acids in three *Phallus* varieties (g·100 g⁻¹)

氨基酸 Amino acid	红托竹荪 <i>P. rubrovolvata</i>	长裙竹荪 <i>P. indusiata</i>	棘托竹荪 <i>P. echinovolvata</i>
谷氨酸 Glu	0.38±0.04 c	1.08±0.14 b	1.43±0.11 a
天门冬氨酸 Asp	0.26±0.08 b	0.65±0.10 a	0.81±0.15 a
苏氨酸 Thr*	0.10±0.00 b	0.17±0.03 b	0.22±0.09 a
丝氨酸 Ser	0.16±0.04 b	0.35±0.09 a	0.42±0.09 a
脯氨酸 Pro	0.10±0.02 b	0.19±0.04 a	0.13±0.03 b
甘氨酸 Gly	0.10±0.01 c	0.31±0.03 b	0.38±0.05 a
丙氨酸 Ala	0.22±0.04 b	0.55±0.10 a	0.62±0.06 a
缬氨酸 Val*	0.04±0.02 a	0.10±0.01 a	0.17±0.07 a
蛋氨酸 Met*	—	—	—
异亮氨酸 Ile*	0.05±0.01 a	0.44±0.47 a	0.23±0.05 a
亮氨酸 Leu*	0.18±0.04 b	0.69±0.17 a	—
酪氨酸 Tyr	0.04±0.01 c	0.27±0.04 b	0.30±0.05 a
苯丙氨酸 Phe*	0.09±0.01 c	0.47±0.16 b	0.71±0.07 a
组氨酸 His	0.04±0.01 c	0.12±0.04 b	0.20±0.02 a
赖氨酸 Lys*	0.08±0.01 c	0.33±0.11 b	0.51±0.03 a
精氨酸 Arg	0.08±0.01 c	0.37±0.03 b	0.61±0.06 a
氨基酸总量 TAA	1.92	6.09	6.74
必需氨基酸总量 EAA	0.54	2.20	1.84
非必须氨基酸总量 NEAA	1.38	3.89	4.90
EAA/TAA	0.28	0.36	0.27
EAA/NEAA	0.41	0.48	0.36

注:*为必需氨基酸,一为未检出。同行数据后不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著。

Note: * denotes essential amino acids, — denotes not detected. Different lowercase letters after the same raw indicate significant differences at 0.05 level.

表 4 3 种竹荪与 FAO/WHO 推荐模式蛋白质及鸡蛋蛋白质中必需氨基酸含量比较
Table 4 Comparison of the contents of essential amino acids in protein and egg protein between three kinds of *Phallus* and FAO/WHO recommended model %

氨基酸 Amino acid	鸡蛋模式 Egg mode	FAO/WHO 模式 FAO/WHO mode	红托竹荪 <i>P. rubrovolvata</i>	长裙竹荪 <i>P. indusiata</i>	棘托竹荪 <i>P. echinolvata</i>
亮氨酸 Leu	8.80	7.00	9.38	11.33	—
异亮氨酸 Ile	6.60	4.00	2.60	7.22	3.41
缬氨酸 Val	7.30	5.00	2.08	1.64	2.52
苏氨酸 Thr	5.10	4.00	5.21	2.79	3.26
苯丙氨酸+酪氨酸 Phe+Tyr	10.00	6.00	6.77	12.15	14.99
蛋氨酸+半胱氨酸 Met+Cys	5.50	3.50	—	—	—
赖氨酸 Lys	6.40	5.50	4.17	5.42	7.57
必需氨基酸总量 EAA	49.70	35.00	26.04	35.14	24.18

食物蛋白与标准蛋白的必需氨基酸组成越接近,食物营养价值越高。如表 5 所示,3 种竹荪子实体的氨基酸评分和化学评分均表现为棘托竹荪最高,红托竹荪次之,长裙竹荪最低。AAS 表明棘托竹荪 45.80%>红托竹荪 43.01%>长裙竹荪 32.14%,CS 表明棘托竹荪 31.37%>红托竹荪 29.46%>长裙竹荪 22.02%。

评价蛋白质营养价值的方法依据氨基酸平衡理论设计的蛋白质的氨基酸比值(RAA)、氨基酸比值系数(RCAA)和氨基酸比值系数分(SRCAA),它通过比较蛋白质中必需氨基酸含量和需要量,计算出蛋白质的营养价值^[6,8]。由表 6 可知,棘托竹荪的 SRCAA 为 54.86,高于长裙竹荪(39.76)和红托竹荪(14.90)。

表 5 3 种竹荪氨基酸评分(AAS)和化学评分(CS)
Table 5 Amino acid score (AAS) and chemical score (CS) of three species of *Phallus* %

氨基酸 Amino acid	红托竹荪 <i>P. rubrovolvata</i>		长裙竹荪 <i>P. indusiata</i>		棘托竹荪 <i>P. echinolvata</i>	
	AAS	CS	AAS	CS	AAS	CS
亮氨酸 Leu	133.93	106.53	161.86	128.75	—	—
异亮氨酸 Ile	65.10	39.46	180.62	109.47	85.31	51.70
缬氨酸 Val	41.67	28.54	32.84	22.49	50.45	34.55
苏氨酸 Thr	130.21	102.12	69.79	54.73	81.60	64.00
苯丙氨酸+酪氨酸 Phe+Tyr	112.85	67.71	202.52	121.51	249.75	149.85
蛋氨酸+半胱氨酸 Met+Cys	—	—	—	—	—	—
赖氨酸 Lys	75.76	65.10	98.52	84.67	137.58	118.23
评分 Score	43.01	29.46	32.14	22.02	45.80	31.37

表 6 3 种竹荪氨基酸比值(RAA)、氨基酸比值系数(RCAA)和氨基酸比值系数分(SRCAA)
Table 6 Amino acid ratio (RAA), amino acid ratio coefficient (RCAA) and amino acid ratio coefficient score (SRCAA) of three species of *Phallus*

氨基酸 Amino acid	红托竹荪 <i>P. rubrovolvata</i>		长裙竹荪 <i>P. indusiata</i>		棘托竹荪 <i>P. echinolvata</i>	
	RAA	RCAA	RAA	RCAA	RAA	RCAA
亮氨酸 Leu/%	1.34	1.41	1.62	1.88	—	—
异亮氨酸 Ile/%	0.65	0.69	1.81	0.81	0.85	0.96
缬氨酸 Val/%	0.42	0.44	0.33	0.36	0.50	0.52
苏氨酸 Thr/%	1.30	1.37	0.70	0.86	0.82	0.87
苯丙氨酸+酪氨酸 Phe+Tyr/%	1.13	1.28	2.03	0.88	2.50	1.02
蛋氨酸+半胱氨酸 Met+Cys/%	—	—	—	—	—	—
赖氨酸 Lys/%	0.76	0.80	0.99	1.21	1.38	1.62
平均值 Mean	0.93	0.36	1.24	0.36	1.21	0.26
SRCAA	14.90		39.76		54.86	

3 讨论和结论

竹荪中含有丰富的多种氨基酸、无机盐、维生素等,具有滋养、补脑、宁神等功效^[9-10],大量研究结果也表明,竹荪中含有很多功能性化合物^[11-12]。罗丽平等^[13]对贵州织金县和纳雍县的红托竹荪的不同部位氨基酸和常规营养成分进行测定,发现检测到的元素种类与本试验结果相似,均表现为 Fe 元素含量最高,且不同部位所含的营养成分种类和含量也有一定差异。本试验中红托竹荪、长裙竹荪和棘托竹荪中均未检测到蛋氨酸和半胱氨酸,大量研究表明,蛋氨酸和半胱氨酸是食用菌中相对缺乏的氨基酸^[14-16]。通过 WHO/FAO 推荐模式氨基酸评分和化学评分均表现为低于 WHO/FAO 模式,而在熊碧等^[17]的研究中竹荪氨基酸评分较高。由此可知,不同种植方式、不同竹荪的不同部位营养物质均可能存在差异。

本次试验综合比对了马尾松-皂角混交林下仿野生栽培 3 种竹荪中不同氨基酸的含量,其中棘托竹荪氨基酸总含量最高,其次为长裙竹荪和红托竹荪,而长裙竹荪必需氨基酸含量最高,红托竹荪和棘托竹荪次之。根据 WHO/FAO 推荐模式中必需氨基酸含量比较,长裙竹荪最接近蛋白理想值。通过化学评分(CS)和氨基酸评分(AAS),均表现为棘托竹荪最高,红托竹荪次之,长裙竹荪最低。根据蛋白质的氨基酸比值(RAA)、氨基酸比值系数(RCAA)和氨基酸比值系数分(SRCAA)可知,棘托竹荪的 SRCAA 高于长裙竹荪和红托竹荪。氨基酸是组成蛋白质的基本单位,对人体长期健康的维护和慢性疾病的预防具有非常重要的意义^[18-19]。虽然这些方法存在一些缺点,但是它仍然是一种简单、快捷、经济的评价方法,可以帮助人们选择适宜的蛋白质来源,以满足人体对必需氨基酸的需求^[20-22]。在贵州食用菌中,竹荪为织金县的特产、中国国家地理标志产品,具有广大的市场,也是集合营养价值与口感风味于一体的食用菌,营养测评为竹荪将来的品种选育和生产推广提供了一定的理论依据。

参考文献

[1] 梁亚丽,秦礼康,王何柱,等.红托竹荪及竹荪蛋各部位主要营

- 养功能成分分析[J].食品与机械,2020,36(4):72-76.
- [2] 田浩原,徐彦军,杨彝华,等.菌草代料栽培“织金竹荪 2”性状及营养分析[J].北方园艺,2020(24):119-124.
- [3] 彭超,蔡春菊,涂佳,等.以竹屑为主要培养基质的食用菌营养成分差异及评价[J].热带作物学报,2021,42(7):2052-2058.
- [4] 刘芹,闻诗歌,刘阳,等.15 种常见食用菌营养成分分析及评价[J].中国瓜菜,2024,37(11):67-74.
- [5] 李莹杰,张贞伟,脱佳琪,等.2 种厚皮甜瓜果实不同部位氨基酸组成分析[J].中国瓜菜,2024,37(11):48-56.
- [6] 张桐,徐安然,杨迪,等.鹿肚耳与 3 种木耳的营养价值评价[J].食用菌,2021,29(1):28-33.
- [7] 许娟,邹琴,徐彦军,等.中国皱木耳“黔皱耳 1 号”生物学特性及营养品质[J].菌物学报,2023,42(7):1517-1529.
- [8] 邵坚,陈芳,吴样明,等.不同产地乌鸡氨基酸特征及其蛋白质品质评价[J].江苏农业科学,2020,48(12):186-191.
- [9] 葛永金,王军峰,林少波,等.油茶林下套种竹荪管理技术及经济效益分析[J].林业实用技术,2012(12):66-67.
- [10] 邹凤莲.竹荪野蛱蛄为害的发生及防治[J].现代园艺,2013(1):70-71.
- [11] 王忠洲,韩凤梅,姜涛.食用菌的营养及药用保健价值[J].农业与技术,2012,32(9):24.
- [12] 朱炜,俞婷婷,陈康康,等.竹荪多酚提取工艺及抗氧化活性[J].中国食用菌,2021,40(7):58-64.
- [13] 罗丽平,李冰晶,赵景芳,等.贵州不同地区红托竹荪不同部位的营养成分分析[J].中国食用菌,2022,41(8):60-64.
- [14] 陈万超,李文,陈辉,等.青海高原栽培羊肚菌营养和氨基酸特征分析及综合评价[J].食用菌学报,2024,31(2):64-75.
- [15] 尹淑丽,李书生,张根伟,等.四种木屑栽培糙皮侧耳子实体营养成分分析及氨基酸营养价值评价[J].食用菌学报,2021,28(5):71-78.
- [16] 罗晓莉,张沙沙,严明,等.云南 8 种栽培食用菌蛋白质和氨基酸分析及营养价值评价[J].食品工业,2021,42(8):328-332.
- [17] 熊碧,许文远,杨清清,等.13 种常见食用菌的氨基酸组成特征及营养评价[J].农产品质量与安全,2023(3):15-21.
- [18] 喻亚丽,周运涛,唐雨甜,等.3 种品系中华鳖的肌肉品质分析与评价[J].中国渔业质量与标准,2019,9(5):61-70.
- [19] 张翠利,钟云芳,宋希强,等.不同栽培方式下血叶兰营养价值的比较分析[J].分子植物育种,2020,18(1):323-331.
- [20] 龙辛宇,郭勇,石勇,等.氨基酸微量元素螯合物对草鱼生长性能、血清生化指标及微量元素沉积的影响[J].动物营养学报,2024,36(3):1806-1818.
- [21] 周倩,李峰,孙帅,等.三种特色油料蛋白的组成、营养价值及功能特性分析[J/OL].中国油料作物学报,1-12[2024-09-19].
<https://link.cnki.net/urlid/42.1429.s.20240918.1020.003>.
- [22] 乔婷婷.糖尿病人群心血管事件风险预测模型的构建及血清氨基酸标志物的筛选[D].乌鲁木齐:新疆医科大学,2023.