

滑菇菌丝体和子实体蛋白质营养价值的评价

江 洁, 李文静

(大连民族学院生命科学学院, 辽宁 大连 116600)

摘 要: 本文通过测定滑菇子实体与菌丝体蛋白质含量和氨基酸含量, 采用国际上通用的蛋白质营养评价方法对滑菇子实体与菌丝体蛋白质营养价值进行了全面评价。滑菇菌丝体蛋白质含量为 24.35%, 子实体蛋白质含量为 21.80%; 滑菇的第一和第二限制氨基酸分别是含硫氨酸和异亮氨酸。滑菇菌丝体蛋白质的氨基酸评分(AAS)、化学评分(CS)、必需氨基酸指数(EAAI)、生物价(BV)、营养指数(NI)和氨基酸比值系数分(SRCAA)分别为 62.86、53.30、68.39、62.85、16.65 和 72.63, 子实体的上述指标分别为 22.86、36.33、36.11、27.66、7.87 和 69.26。滑菇菌丝体蛋白质营养价值高于子实体。

关键词: 滑菇; 氨基酸; 蛋白质; 营养价值评价

Protein nutrition value evaluation of mycelium and fruiting bodies of *Pholiota nameko*

GANG Jie, LI Wen-jing

(College of Life Sciences, Dalian Nationalities University, Dalian 116600, China)

Abstract: In this paper, through the determination of protein content and amino acid content, the international adopted nutrient value assessment method was applied to the overall assessment of the protein nutrition value of the submerged cultivated mycelium and fruit bodies of *Pholiota nameko*. The mycelium protein content of *P. nameko* is 24.35% and the fruiting body protein content is 21.80%, respectively. The first limiting amino acids of *P. nameko* mycelium and fruiting bodies are the sulfur-containing amino acids, and the second limiting amino acids are Isoleucine. The amino acid score (AAS), chemical score (CS), essential amino acid index (EAAI), biological value (BV), nutritional index (NI) and score of ratio coefficient of amino acid (SRCAA) of the mycelium protein of *P. nameko* are 62.86, 53.30, 68.39, 62.85, 16.65 and 72.63, compared with corresponding values for fruiting body are 22.86, 36.33, 36.11, 27.66, 7.87 and 69.26, respectively. The mycelium protein nutritional value of *P. nameko* is higher than that of fruiting body protein.

Key words: *Pholiota nameko*; Amino acid; Protein; Nutrition value evaluation

中图分类号: S646.1

文献标识码: A

文章编号:

滑菇学名光帽鳞伞(*Pholiota nameko*)。由于其菌盖、菌柄表面有一层黏液, 食用时黏滑可口而得名滑菇^[1]。滑菇不仅含有丰富的蛋白质、氨基酸及多糖等营养物质, 而且含有钙、磷、铁、钠及维生素B₁、B₁₂等^[2]。滑菇能提高机体免疫功能, 增进智力, 改善视力、提高耐力^[3]。尤其是滑菇中多糖物质对肿瘤具有抑制作用。滑菇是一种开发前景十分广阔的食用菌^[4]。目前, 国内外研究人员对于滑菇的研究范围很广, 涉及了滑菇菌丝生物学特性、滑菇单核菌丝的形态学、滑菇营养成分的测定与分析、滑菇多糖的提取分析、环境条件对滑菇菌丝生长影响、深层培养和栽培技术等内容^[5]。但对其蛋白质研究的较少, 特别是对其菌丝体和子实体蛋白质进行营养价值评价未见报道。本文对滑菇菌丝体和子实体的氨基酸组成进行测定, 并对其蛋白质的营养价值进行评价和比较, 为滑菇蛋白质的综合开发和利用提供一定的参考

收稿日期:

基金项目: 财政专项-中央高校基本科研业务费资助项目(DC10020106)。2012年度国家民委科研项目。

作者简介: 江洁(1965-), 女, 博士, 教授, 研究方向为食品生物技术。E-mail: gangjie@dlnu.edu.cn

1 材料与方法

1.1 菌种和培养基

1.1.1 菌种

滑菇 (*Pholiota nameko*): 购自朝阳市食用菌研究所。

1.1.2 培养基

斜面培养基 (PDA培养基): 马铃薯200g、葡萄糖20g、琼脂粉20g、水1000mL, pH 自然。

液体种子培养基: 液体 PDA 培养基。

液体发酵培养基: 马铃薯 200g/L、葡萄糖 25g/L、蛋白胨 7g/L、 K_2HPO_4 1.5g/L、 $CaCl_2$ 0.005g/L, pH 5.0。

1.2 材料与试剂

马铃薯, 葡萄糖, 蛋白胨, 琼脂, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, KH_2PO_4 ; 以上试剂均为分析纯或化学纯。滑菇子实体购自大连开发区超市, 与培养的菌丝体为同一品种。

1.3 仪器与设备

电子精密天平 (PL203) 梅特勒-托利多仪器 (上海) 有限公司; 电热恒温培养箱 (DNP-9082) 上海精宏实验设备有限公司; 无菌操作台 苏州净化设备有限公司; 紫外可见分光光度计 (UV-2000) 龙尼柯 (上海) 仪器有限公司; 恒低温气浴摇床 (THZ-C-1) 上海丰盟科技材料有限公司; 水浴锅 (HH-S) 巩义市英峪仪器一厂; 高压灭菌锅 (MLS-3750) 日本三洋公司; 离心机 (TDZ5-WS) 长沙湘仪离心机仪器有限公司; 凯氏定氮仪 (Kjeltec-2300) Foss Analytical AB; 氨基酸分析系统 (Elite-AAA) 大连依利特分析仪器有限公司。

1.4 实验方法

1.4.1 菌种活化

将保存菌种接入斜面培养基中, 25 °C 恒温培养7d。

1.4.2 菌丝体液体种子培养

将活化的滑菇菌丝体用接种针从斜面接入液体培养基中, 每个锥形瓶中接入0.5cm²滑菇斜面菌种3块, 装液量50mL/200mL三角瓶, 培养温度25°C, 150r/min摇床培养5d, 制备液体种子。

1.4.3 菌丝体液体发酵

将种子液按5%接种量接入液体发酵培养基中, 装液量100mL/200mL三角瓶, 培养温度25°C, 150r/min摇床培养5d。将发酵液过滤获得菌丝体, 用蒸馏水洗涤2次, 60°C烘干后粉碎过60目筛子备用。

1.4.4 菌丝体干重的测定

将滑菇菌丝体摇匀, 每个样品吸取10ml, 4 000 r/min离心10 min, 去除上清液, 用无菌水反复冲洗后, 在60°C下烘干至恒重, 用电子天平称取菌丝体干重。每个样品取样两次, 结果为两次平均值。

1.4.5 滑菇菌丝体和子实体中蛋白质含量的测定

采用凯氏定氮法测定样品中蛋白质含量。

1.4.6 滑菇菌丝体和子实体中氨基酸种类及含量的测定

待测样品置 6mol/LHCl 于110°C水解24h, 用Elite-AAA氨基酸分析系统检测, 由大连依利特分析仪器有限公司完成。

1.4.7 滑菇菌丝体和子实体营养价值评价

化学评分 (CS) 采用 FAO 的方法计算确定^[6]; 氨基酸评分 (AAS)、必需氨基酸指数 (EAAI)、生物价 (BV) 和营养指数 (NI) 分别采用 Bano 等的方法计算确定^[7]; 氨基酸比值 (RAA)、氨基酸比值系数 (RCAA) 和氨基酸比值系数分 (SRCAA) 采用朱圣陶的方法计算^[8]。

2 结果与分析

2.1 滑菇菌丝体和子实体的蛋白质含量

采用凯氏定氮法测得滑菇菌丝体蛋白质含量为 24.35%, 子实体蛋白质含量为 21.80%。滑菇菌丝体和子实体中蛋白质含量都较高, 是高蛋白食品, 其菌丝体蛋白质含量略高于子实体。

2.2 滑菇菌丝体和子实体氨基酸种类与含量

对滑菇菌丝体与滑菇子实体中氨基酸成分进行了测定, 所测试两种样品氨基酸种类及其含量结果如表 1 所示。

表 1 滑菇菌丝体和子实体氨基酸含量
Table 1 Amino acid composition of mycelium and fruiting bodies of *Pholiota nameko*

氨基酸	滑菇菌丝体 (%)	滑菇子实体 (%)
天冬氨酸 Asp	2.68	1.17
苏氨酸 Thr	1.01	0.44
丝氨酸 Ser	1.22	0.59
谷氨酸 Glu	4.78	2.27
甘氨酸 Gly	0.94	0.48
丙氨酸 Ala	1.81	0.78
缬氨酸 Val	1.07	0.74
蛋氨酸 Met	0.54	0.18
异亮氨酸 Ile	0.79	0.41
亮氨酸 Leu	2.24	1.10
酪氨酸 Tyr	0.52	0.17
苯丙氨酸 Phe	1.53	0.71
赖氨酸 Lys	1.41	0.61
组氨酸 His	0.47	0.21
精氨酸 Arg	1.47	0.53
脯氨酸 Pro	0.87	0.41
总量	23.35	10.80

由表1可知, 实验测得滑子蘑菌丝体与子实体的蛋白质中含有16种氨基酸(色氨酸和半胱氨酸没测出), 氨基酸的总量分别为23.35%与10.80%。谷氨酸含量最高, 其次是天冬氨酸和亮氨酸。谷氨酸是食物中重要的鲜味物质, 与滑子蘑具有良好的口感和风味有重要的关系。

2.3 滑菇菌丝体和子实体蛋白质的必需氨基酸组成

滑菇液体发酵菌丝体蛋白质的必需氨基酸含量较高, 菌丝体必需氨基酸总含量为373mg/g蛋白质, 子实体必需氨基酸总含量为199 mg/g蛋白质; 其中菌丝体蛋白质中, 亮氨酸含量最高, 为92mg/g蛋白质, 高于相应的鸡蛋模式和FAO/WHO模式, 苯丙氨酸+酪氨酸、赖氨酸和苏氨酸的含量高于FAO/WHO模式, 但低于鸡蛋模式, 其余必需氨基酸的含量低于鸡蛋模式和FAO/WHO模式; 子实体中也是亮氨酸含量最高, 为50mg/g蛋白质, 但低于相应的鸡蛋模式和FAO/WHO模式, 其余必需氨基酸的含量都低于鸡蛋模式和FAO/WHO模式(表2)。

表 2 滑菇菌丝体和子实体蛋白质的必需氨基酸组成及含量 (mg/g 蛋白质)
Table2 Compositions and contents of essential amino acids in the submerged cultivated mycelium and fruiting bodies proteins of *Pholiota nameko* (mg/g protein)

氨基酸	鸡蛋模式 ^[9]	FAO/WHO 模式 ^[9,10]	菌丝体	子实体
异亮氨酸	66	40	32	19
亮氨酸	88	70	92	50
赖氨酸	64	55	58	28
蛋氨酸	55	35	22	8
苯丙氨酸+酪氨酸	100	60	84	40

苏氨酸	51	40	41	20
缬氨酸	73	50	44	34
必需氨基酸总量	497	350	373	199

2.4 滑菇菌丝体和子实体蛋白质的氨基酸评分和化学评分

滑菇菌丝体和子实体蛋白质的氨基酸评分和化学评分计算结果如表3所示。滑菇菌丝体蛋白质的氨基酸评分和化学评分分别为：62.86和53.30；滑菇子实体蛋白质的氨基酸评分和化学评分分别为：22.86和36.33。菌丝体高于子实体，两者的第一限制氨基酸都为含硫氨基酸（蛋氨酸），第二限制氨基酸都为异亮氨酸。

表3 滑菇菌丝体和子实体蛋白质的氨基酸评分和化学评分

Table3 Amino acid score and chemical score in the submerged cultivated mycelium and fruit bodies proteins of *Pholiota nameko*

氨基酸	氨基酸评分		化学评分	
	菌丝体	子实体	菌丝体	子实体
异亮氨酸	80.00	47.50	64.60	71.90
亮氨酸	131.43	71.43	139.30	141.90
赖氨酸	105.45	50.91	120.75	109.27
蛋氨酸	62.86	22.86	53.30	36.33
苯丙氨酸+酪氨酸	140.00	66.67	111.92	99.90
苏氨酸	102.50	50.00	107.12	97.94
缬氨酸	88.00	68.00	80.31	116.32
评分	62.86	22.86	53.30	36.33

2.5 滑菇菌丝体和子实体蛋白质的氨基酸指数、生物价和营养指数

表4 滑菇菌丝体和子实体蛋白质的必需氨基酸指数、生物价和营养指数

Table4 Essential amino acid index,biological value and nutritional index in the submerged cultivated mycelium and fruit bodies proteins of *Pholiota nameko*

	必需氨基酸指数	生物价	营养指数
菌丝体	68.39	62.85	16.65
子实体	36.11	27.66	7.87

由表4可知，滑菇菌丝体蛋白质的必需氨基酸指数、生物价和营养指数均高于子实体，分别高89.39%，127.22%和111.56%。

2.6 滑菇菌丝体和子实体蛋白质的氨基酸比值、氨基酸比值系数和氨基酸比值系数分

由表5可知，滑菇菌丝体的氨基酸比值系数分为72.63，子实体蛋白质的氨基酸比值系数分为69.26，二者相差不大，氨基酸比值系数分是说明蛋白质的氨基酸组成均衡性的，氨基酸的比值系数分越接近100，其蛋白质氨基酸组成与FAO/WHO 模式氨基酸组成越一致，对氨基酸平衡所做的贡献就越大^[12]。

表5 滑菇菌丝体和子实体蛋白质的氨基酸比值、氨基酸比值系数和氨基酸比值系数分

Table 5 Ratio of amino acid, ratio coefficient of amino acid and score of ratio coefficient of amino acid in the submerged cultivated mycelium and fruit bodies proteins of *Pholiota nameko*

氨基酸	菌丝体		子实体	
	氨基酸 比值	氨基酸 比值系数	氨基酸 比值	氨基酸 比值系数
异亮氨酸	0.80	0.79	0.48	0.89

亮氨酸	1.31	1.30	0.71	1.31
赖氨酸	1.05	1.04	0.51	0.94
蛋氨酸	0.63	0.62	0.23	0.43
苯丙氨酸+酪氨酸	1.40	1.39	0.67	1.24
苏氨酸	1.03	1.02	0.50	0.93
缬氨酸	0.88	0.87	0.68	1.26
氨基酸比值系数分	72.63		69.26	

2.7 滑菇菌丝体和子实体蛋白质营养价值评价

对滑菇菌丝体和子实体蛋白质营养价值评价的各项指标汇总于表6,并且与目前已评价过的食用菌菌丝体和子实体蛋白质营养价值进行比较。滑菇菌丝体氨基酸评分、化学评分、必需氨基酸指数、生物价、营养指数和氨基酸比值系数分均高于子实体,说明菌丝体的蛋白质的营养价值明显高于子实体,菌丝体蛋白质在氨基酸组成上比滑菇子实体蛋白质的氨基酸组成平衡性好,与表6中比较的其它食用菌结果一致。滑菇菌丝体和子实体蛋白质的营养价值各项指标略低于荷叶离褶伞,与黄伞和巴西蘑菇比较接近,略高于荷叶离褶伞菌。

表6 滑菇菌丝体和子实体蛋白质的营养评价

Table6 Nutritional evaluation of mycelium and fruit bodies proteins of *Pholiota nameko*

食用菌种类		氨基酸 评分	化学 评分	必需氨基酸 指数	生物价	营养 指数	氨基酸比值系 数分
滑菇 (<i>Pholiota nameko</i>)	菌丝体	62.86	53.30	68.39	62.85	16.65	72.63
	子实体	22.86	36.33	36.11	27.66	7.87	69.26
巴西蘑菇 ^[11] (<i>Agaricus blazei</i>)	菌丝体	57.16	74.29	80.84	76.42	22.76	77.61
	子实体	42.47	51.43	72.90	67.76	19.27	67.19
黄伞 ^[12] (<i>Pholiota adiposa</i>)	菌丝体	54.96	82.86	92.73	89.38	35.42	87.24
	子实体	51.67	54.14	59.86	53.55	12.95	62.45
桦褐孔菌 ^[13] (<i>Inonotus obliquus</i>)	菌丝体	44.50	75.00	92.20	88.80	24.70	52.00
	子实体	20.30	47.10	99.40	96.60	2.90	33.00
荷叶离褶伞 ^[14] (<i>Lyophyllum decastes</i>)	菌丝体	73.40	80.20	70.70	65.40	20.00	82.00
	子实体	45.40	57.80	76.80	72.00	16.40	69.30

3 讨论

本实验培养的滑菇菌丝体中蛋白质含量为24.35%,子实体蛋白质含量为21.80%,菌丝体高于子实体。滑菇菌丝体氨基酸总量也高于子实体,必需氨基酸含量也高于子实体。采用国际上通用的营养评价方法,对滑菇菌丝体与子实体的蛋白质营养价值进行了全面评价,证明菌丝体蛋白质的氨基酸评分、化学评分、必需氨基酸指数、生物价、营养指数和氨基酸比值系数分等6项指标均高于子实体,滑菇菌丝体的营养价值相比高于子实体。菌丝体可通过液体深层发酵技术获得,采用液体发酵技术生产菌丝体与培养子实体相比,具有成本低、产量高、周期短等优势^[15]。从获得蛋白质的角度看,滑菇的菌丝体优于子实体。通过蛋白质营养价值的评价,发现滑菇第一限制氨基酸是蛋氨酸,主要缺乏的是含硫氨基酸。在已研究蛋白质营养价值的食用菌中,巴西蘑菇菌丝体与子实体的第一限制氨基酸是含硫氨基酸(蛋氨酸和胱氨酸),第二限制氨基酸是赖氨酸^[11];黄伞深层发酵菌丝体仅含硫氨基酸(蛋氨酸和胱氨酸)为限制氨基酸;子实体含硫氨基酸为第一限制氨基酸,亮氨酸为第二限制氨基酸,其

余氨基酸均超过或接近FAO/WHO 评分模式中同种氨基酸的含量^[12]；桦褐孔菌的限制氨基酸为异亮氨酸和亮氨酸，而含硫氨基酸（蛋氨酸和胱氨酸）、苯丙氨酸和酪氨酸相对过剩^[13]；荷叶离褶伞子实体的限制性氨基酸为蛋氨酸和胱氨酸，菌丝体的限制性氨基酸为亮氨酸，子实体和菌丝体中苏氨酸、苯丙氨酸、酪氨酸和赖氨酸相对过剩^[14]；侧耳第一限制氨基酸是蛋氨酸，第二限制氨基酸是异亮氨酸，而金针菇第一限制氨基酸也是蛋氨酸，第二限制氨基酸是赖氨酸^[16]。食用菌一般利用农林牧废弃物生产，是高蛋白、高纤维、低脂肪的理想食品，无疑也是人类蛋白质资源的最佳补充途径^[17]。还需对更多的食用菌蛋白质的营养价值进行评价，通过利用各食用菌品种之间的氨基酸互补性，对其差异加以改善，提高食用菌蛋白质的营养价值，使蛋白质得到最有效的生物利用，达到合理营养的目的。

参考文献:

- [1] 袁广峰, 李永文, 张树斌等.滑菇黏液成分分析及免疫促进作用研究[J]. 食品科学, 2008, 29 (03): 460-462.
- [2] 韩诚武, 丁玉萍, 申健等.豆渣深层培养滑菇产胞外纤维素酶最佳培养基的优化[J]. 中国酿造, 2011,9: 99-101.
- [3] 王萍, 李德海, 孙莉洁, 等. 超声波辅助法提取滑菇多糖的工艺研究[J]. 中国食品学报, 2008, 8(2): 84-88.
- [4] 于淑池, 侯金鑫, 李明艳.滑菇多糖的超声波辅助提取工艺及抗氧化活性研究[J]. 食品科学, 2010, 31(04):59-62.
- [5] 王淑芳, 马桂珍, 石桐磊等.接种量和酸碱度对滑菇菌丝生长量的影响[J]. 北方园艺, 2011, 21:152-154.
- [6] FAO. Amino acid content of foods and biological data on proteins[J]. Nutr. Stud.1970, 24: 5-6.
- [7] BANO Z, RAJARATHRAM S. Pleurotus mushroom as a nutritious food. In: Tropical Mushroom:Biological Nature and Cultivation Methods[M]. Hong Kong:The Chinese University Press.1982, 363-380.
- [8] 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.
- [9] 彭智华, 龚敏芳.蛋白质的营养评价及其在食用菌营养评价上的应用[J].食用菌学报, 1996, 3(3):56-64.
- [10] 孙远明.食品营养学[M].北京: 中国农业大学出版社, 2010:63.
- [11] 杨淑云.巴西蘑菇液体发酵菌丝体与子实体蛋白质的营养评价[J].福建农业学报,2009,24 (1) : 82-84 .
- [12] 惠丰立, 魏明卉, 吉士东等.黄伞深层发酵菌丝体与子实体蛋白质的营养评价[J]. 菌物学报, 2004, 23(2): 270-274.
- [13] 回晶, 郭立雄, 张冬梅等.桦褐孔菌菌丝体与子实体蛋白质营养价值评价[J].食用菌学报, 2008, 15(4):67-69.
- [14] 席亚丽, 茆爱丽, 王晓琴等.荷叶离褶伞子实体、菌丝体及发酵液蛋白质营养价值评价[J]. 菌物学报, 2010, 29(4): 603-607.
- [15] 王莹,孙永海,王笑丹等.粗柄羊肚菌菌丝体液体培养条件的优化[J].食用菌. 2007,6:6-8
- [16] 李宗义, 李培睿,李雪梅等. 侧耳、金针菇蛋白质的测定及营养价值比较[J].食用菌, 2002, 2:10-11.
- [17] 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.