

湖南地区 5 种常见食用菌的氨基酸组成及营养评价

左家信, 冯家力, 周丽平, 袁春晖

湖南省疾病预防控制中心, 湖南 长沙 410008

摘要: **目的** 对湖南地区 5 种常见食用菌的氨基酸组成及含量进行分析评价, 为食用菌合理利用提供依据。 **方法** 采用 Kjeltree 2300 自动凯氏定氮仪对湖南地区 5 种常见食用菌的蛋白质进行测定, 采用曼默博尔 A300 全自动氨基酸分析仪进行氨基酸成分分析; 采用氨基酸评分法对食用菌营养价值进行了评价。 **结果** 食用菌除了杏鲍菇和茶树菇不含蛋氨酸以及香菇不含蛋氨酸和酪氨酸外, 其余均含 16 种氨基酸; 香菇中的蛋白质含量、氨基酸含量以及必需氨基酸含量均最高, 分别为 3 807、2 279、665 mg/100 g; 5 种食用菌的必需氨基酸中以苏氨酸和亮氨酸含量较高; 5 种食用菌口感好, 但杏鲍菇口感不如另外 4 种食用菌; 香菇中苏氨酸含量 (38.16 mg/g 蛋白) 略低于 WHO/FAO 模式 (40 mg/g 蛋白), 其余 4 种食用菌的苏氨酸含量均高于 WHO/FAO 模式, 分别为双孢菇 (43.33 mg/g 蛋白)、金针菇 (43.48 mg/g 蛋白)、杏鲍菇 (41.60 mg/g 蛋白)、茶树菇 (56.52 mg/g 蛋白); 茶树菇中苏氨酸含量 (56.52 mg/g 蛋白) 高于卵清蛋白模式 (51 mg/g 蛋白); 苏氨酸的氨基酸评分最高, 为 141.30, 因此氨基酸模式为最优; 5 种食用菌的限制氨基酸均为苯丙氨酸和酪氨酸或异亮氨酸。 **结论** 食用菌中苏氨酸含量优异, 具有较高的营养价值; 可以通过与富含苯丙氨酸、酪氨酸或异亮氨酸的食物等进行结合食用, 构建合理膳食, 提高食用价值。

关键词: 食用菌; 香菇; 杏鲍菇; 氨基酸; 营养评价

中图分类号: R151.3 文献标识码: A 文章编号: 1006-3110(2021)05-0550-05 DOI: 10.3969/j.issn.1006-3110.2021.05.004

Amino acid composition and nutritional value evaluation of five kinds of common edible mushrooms in Hunan

ZUO Jia-xin, FENG Jia-li, ZHOU Li-ping, YUAN Chun-hui

Hunan Provincial Center for Disease Control and Prevention, Changsha, Hunan 410008, China

Corresponding author: YUAN Chun-hui, E-mail: 13617316266@139.com

Abstract: **Objective** To analyze and evaluate amino acid composition and contents of five kinds of common edible mushrooms in Hunan so as to provide a basis for rational utilization of edible mushrooms. **Methods** The contents of proteins in five kinds of common edible mushrooms in Hunan were determined by Kjeltree 2300 automatic Kjeldahl nitrogen determinator. MembraPure GmbH A300 automatic amino acid analyzer was used for amino acid composition analysis, and the amino acid score (AAS) for evaluating nutritional values of the edible mushrooms. **Results** There were 16 kinds of amino acids in all the edible mushrooms except *Pleurotus eryngii* and *Agrocybe chaxingu* without methionine and mushroom without methionine and tyrosine. The contents of proteins, amino acids and essential amino acids in mushroom were found to be the highest, which were 3,807 mg/100 g, 2,279 mg/100 g and 665 mg/100 g, respectively. Among essential amino acids in the five kinds of edible mushrooms, the contents of threonine and leucine were higher. All the five kinds of edible mushrooms had a good taste, but the taste of *Pleurotus eryngii* was inferior to those of other four kinds of edible mushrooms. The content of threonine (38.16 mg/g protein) in mushrooms was slightly lower than that of the WHO/FAO model (40 mg/g protein), but the contents of threonine in other four kinds of edible mushrooms, including *Agaricus bisporus* (43.33 mg/g protein), *Flammulina velutipes* (43.48 mg/g protein), *Pleurotus eryngii* (41.60 mg/g protein) and *Agrocybe chaxingu* (56.52 mg/g protein), were all higher than those of the WHO/FAO model. The content of threonine in *Agrocybe chaxingu* was higher than that of the ovalbumin pattern (56.52 mg/g protein vs. 51 mg/g protein). The amino acid score of threonine was the highest, reaching 141.30. Accordingly, the model of amino acid of threonine was the best. The limited amino acids of the five kinds of edible mushrooms were phenylalanine and tyrosine or isoleucine. **Conclusion** The edible mushrooms have high threonine content and nutritional value; and hence, we can adopt a mode of eating foods with high contents of phenylalanine and tyrosine or isoleucine to construct a reasonable diet so as to improve the edible value.

Keywords: edible mushroom; mushroom; *Pleurotus eryngii*; amino acid; nutritional evaluation

基金项目: 国家卫生健康委员会食物成分监测项目

作者简介: 左家信 (1986-), 男, 湖南衡阳人, 硕士, 主管技师, 主要从事理化检验技术研究工作。

通信作者: 袁春晖, E-mail: 13617316266@139.com。

食用菌通称蘑菇,是子实体硕大可供食用的大型真菌^[1-2]。众所周知,食用菌含有丰富的营养成分,是优质蛋白的良好来源^[3],且含有丰富的维生素和矿物质^[4-5],具有调节免疫、抗癌、预防心血管疾病、抗炎等保健功效^[6-9]。研究食用菌氨基酸组成,既可对蛋白质营养价值评价进行深入研究,也有利于更好地了解 and 利用其中的有效成分。

本研究通过使用凯氏定氮仪和氨基酸自动分析仪,测定湖南地区 5 种常见食用菌中的蛋白质和 16 种氨基酸的含量,分析必需氨基酸(essential amino acid, EAA)的含量,采用氨基酸评分(amino acid score, AAS)、化学评分法(chemistry score, CS)、氨基酸比值(ratio of amino acid, RAA)、氨基酸比值系数(ratio coefficient of amino acid, RCAA)以及氨基酸比值系数分(score of ratio coefficient of amino acid, SRCAA)等营养学方法对食用菌氨基酸进行全面营养价值评价,为合理膳食提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料 5 种食用菌分别为双孢菇、金针菇、杏鲍菇、茶树菇和香菇新鲜样品,采集自湖南省长沙市、岳阳市、常德市的超市或农贸市场。采样方式为:每座城市随机选取 3 处采样点,每个采样点采集全部 5 种食用菌,每种样各采 1 kg,每类样品共 9 kg,常温运输,去除不可食用部分后,来自 9 个采样点的食用菌按照种类分别混合、缩分并打碎匀浆混匀,所制得的每类样品均被分为 3 份,每份 200 g,置于 -20 ℃ 冰箱中冷冻保存,备用,测定时取出解冻。

1.2 主要仪器 A300 全自动氨基酸分析仪(德国曼默博尔公司);Kjeltec 2300 自动凯氏定氮仪(丹麦福斯公司);GZX-GF101-1-BS 电热鼓风恒温干燥箱(上海跃进医疗器械有限公司);AJ 100 电子天平[瑞士梅特勒-托利多仪器(中国)有限公司]。

1.3 检测方法 蛋白质含量依据《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》(GB 5009.5-2016)中凯氏定氮法测定^[10];氨基酸含量依据《食品安全国家标准 食品中氨基酸的测定》(GB 5009.124-2016)中茚三酮柱后衍生法测定^[11]。

1.4 营养评价方法 AAS 根据世界卫生组织(World Health Organization, WHO)和联合国粮农组织(Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO)提出的方法计算^[12];CS 采用 FAO 推荐的方法计算^[13-14];RCAA 和 SRCAA 根据朱圣陶等提的方法计算^[15-16]。

食用菌营养丰富、味道鲜美,包括鲜、甜、苦味等。

谷氨酸和天冬氨酸是鲜味氨基酸中的特征氨基酸,其组成和含量决定口味的鲜美和可口程度^[17],可以通过鲜甜味氨基酸的总量占苦味氨基酸总量比例来评价食用菌的口味。

氨基酸平衡理论认为待测蛋白质的氨基酸组成比例与 WHO/FAO 模式或卵清蛋白模式越接近,表明其蛋白质质量越好。由于酪氨酸由苯丙氨酸转变而来,所以将酪氨酸与苯丙氨酸合并计算^[16]。

AAS 是指待测蛋白质中的某一 EAA 含量与 WHO/FAO 提出的理想模式中的相应氨基酸含量作比较,二者的比值越接近 100,说明蛋白质的营养价值就越高。AAS 值低于 100 的为限制性氨基酸,其中最小的为第一限制氨基酸^[16]。

CS 是指待测蛋白质的某一 EAA 含量与人体需要最接近的卵清蛋白中相应氨基酸含量作比较。CS 值越接近 100,与标准蛋白的组成越接近。CS 值小于 100 的为限制氨基酸,最小的为第一限制氨基酸^[16]。

根据食用菌的 EAA 含量及比例计算 RAA、RCAA 和 SRCAA,可以直观评价其营养价值。当氨基酸组成比例与 WHO/FAO 模式蛋白氨基酸越接近时,则 RCAA 越接近 1;当 EAA 相对过剩时,则 RCAA 值大于 1;当 EAA 含量不足时,则 RCAA 小于 1,其中,含量最低的为该蛋白第一限制氨基酸。SRCAA 越接近 100,则 RCAA 就越集中,营养价值就越高。

1.5 数据处理 所有试验均平行测定,取平均值。用 Excel 2010 和 SPSS 20.0 对所有数据进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 5 种食用菌氨基酸组成分析 氨基酸的种类和含量直接决定了食物蛋白质的优良程度。5 种食用菌蛋白质含量介于 2 311~3 807 mg/100 g 之间;5 种食用菌氨基酸含量介于 1 426~2 279 mg/100 g 之间,其中,杏鲍菇氨基酸含量最低,而香菇氨基酸含量最高。所测 16 种氨基酸种类基本齐全,除了杏鲍菇和茶树菇不含蛋氨酸以及香菇不含蛋氨酸和酪氨酸外,其余均含 16 种氨基酸。5 种食用菌以谷氨酸、天冬氨酸、丙氨酸、亮氨酸、苏氨酸、丝氨酸含量较高,这 6 种氨基酸总量分别占氨基酸总量的 59.33%~65.86%,见表 1。

5 种食用菌中 EAA 含量在 487~665 mg/100 g 之间,含量由高到低依次为香菇、杏鲍菇、双孢菇、茶树菇、金针菇;在 EAA 中,以苏氨酸和亮氨酸含量较高,两者之和占氨基酸总量介于 11.44%~15.29%之间,其中金针菇中苏氨酸和亮氨酸在氨基酸总量中占比最低,为 11.44%,而杏鲍菇中占比最高,为 15.29%。

表 1 湖南地区 5 种常见食用菌的蛋白质
和氨基酸组成及含量(mg/100 g)

氨基酸种类	成分	双孢菇	金针菇	杏鲍菇	茶树菇	香菇
EAA	蛋白质	2 405	2 311	2 506	2 312	3 807
	赖氨酸	95	88	102	73	130
	缬氨酸 ^c	79	72	72	88	90
	苏氨酸	104	100	104	130	145
	异亮氨酸 ^c	58	57	60	62	96
	苯丙氨酸 ^c	64	78	66	28	68
	蛋氨酸 ^c	4	8	0	0	0
	亮氨酸 ^c	106	84	114	109	136
	谷氨酸 ^a	337	387	220	346	604
	丙氨酸 ^b	154	125	142	140	264
NEAA	甘氨酸 ^b	81	77	82	88	107
	脯氨酸 ^b	74	62	67	66	80
	丝氨酸 ^b	102	93	108	110	128
	酪氨酸	17	36	30	14	0
	组氨酸 ^c	82	86	78	100	101
	天冬氨酸 ^a	182	170	158	196	224
	精氨酸 ^c	59	86	23	94	106
	TAA	1 598	1 609	1 426	1 644	2 279
	EAA	510	487	518	490	665
	NEAA	1 088	1 122	908	1 154	1 614
	EAA/TAA (%)	31.91	30.27	36.33	29.81	29.18
	EAA/NEAA (%)	46.88	43.40	57.05	42.46	41.20

注:TAA 为氨基酸总量, NEAA 为非必需氨基酸; a 为鲜味氨基酸, b 为甜味氨基酸, c 为苦味氨基酸。

2.2 呈味氨基酸分析 由表 1 可知,谷氨酸在 5 种食用菌中含量均最高,是最主要的鲜味氨基酸。其中,香菇中谷氨酸含量高达 604 mg/100 g,占全部氨基酸含量的 26.50%。由表 2 可知,鲜味氨基酸占氨基酸总量比例也较高,介于 26.51%~36.33%之间;甜味氨基酸含量比例介于 22.19%~27.98%之间;苦味氨基酸含量比列介于 26.20%~29.27%之间;双孢菇、金针菇、茶树菇和香菇的呈味氨基酸含量大小顺序为鲜味氨基酸>苦味氨基酸>甜味氨基酸,而杏鲍菇的呈味氨基酸含量大小顺序为苦味氨基酸>甜味氨基酸>鲜味氨基酸,且鲜甜味氨基酸的总量占苦味氨基酸总量比例在 1.88~2.36 倍之间;在这 5 种食用菌中,杏鲍菇中鲜甜味氨基酸的总量占苦味氨基酸总量比例的 1.88 倍,为最低。

表 2 湖南地区 5 种常见食用菌呈味氨基酸
含量及组成比例(mg/100 g,%)

食用菌	鲜味氨基酸	甜味氨基酸	苦味氨基酸	鲜甜味/苦味比
双孢菇	519(32.48)	411(25.72)	452(28.29)	2.06
金针菇	557(34.62)	357(22.19)	471(29.27)	1.94
杏鲍菇	378(26.51)	399(27.98)	413(28.96)	1.88
茶树菇	542(32.97)	404(24.57)	481(29.26)	1.97
香菇	828(36.33)	579(25.41)	597(26.20)	2.36

2.3 5 种食用菌氨基酸营养价值评价

2.3.1 EAA 组成成分分析 5 种食用菌含量均低于 WHO/FAO 模式和卵清蛋白模式;但从单个必需氨基酸看,苏氨酸含量最高,介于 38.16~56.52 mg/g 蛋白之间,其中除了香菇中苏氨酸含量(38.16 mg/g 蛋白)略低于 WHO/FAO 模式(40 mg/g 蛋白),其余均高于 WHO/FAO 模式,见表 3。

表 3 湖南地区 5 种常见食用菌中必需氨基酸的
组成及比较分析(mg/g 蛋白)

EAA	双孢菇	金针菇	杏鲍菇	茶树菇	香菇	WHO/FAO 模式值	卵清蛋白模式值
苏氨酸	43.33	43.48	41.60	56.52	38.16	40	51
缬氨酸	32.92	31.30	28.80	38.26	23.68	50	64
异亮氨酸	24.17	24.78	24.00	26.96	25.26	40	66
苯丙氨酸+酪氨酸	33.75	49.57	38.40	18.26	17.89	60	100
亮氨酸	44.17	36.52	45.60	47.39	35.79	70	73
赖氨酸	39.58	38.26	40.80	31.74	34.21	55	55
合计	217.92	223.91	219.20	219.13	175.00	315	409

2.3.2 AAS 的评价 双孢菇、茶树菇、香菇的苯丙氨酸+酪氨酸 AAS 均低于 100,且为其必须 AAS 中的最低值,因此第一限制氨基酸均为苯丙氨酸+酪氨酸,而金针菇的亮氨酸 AAS 最低,仅为 52.17,因此第一限制氨基酸为亮氨酸,杏鲍菇的缬氨酸 AAS 最低,仅为 57.60,因此第一限制氨基酸为缬氨酸;除了香菇中的苏氨酸 AAS 略低于 100,其余 4 种食用菌苏氨酸 AAS 均大于 100,见表 4。

表 4 湖南地区 5 种常见食用菌 AAS 评价

EAA	双孢菇	金针菇	杏鲍菇	茶树菇	香菇
苏氨酸	108.33	108.70	104.00	141.30	95.39
缬氨酸	65.83	62.61	57.60	76.52	47.37
异亮氨酸	60.42	61.96	60.00	67.39	63.16
苯丙氨酸+酪氨酸	56.25	82.61	64.00	30.43	29.82
亮氨酸	63.10	52.17	65.14	67.70	51.13
赖氨酸	71.97	69.57	74.18	57.71	62.20

2.3.3 CS 的评价 双孢菇、茶树菇和香菇的苯丙氨酸+酪氨酸 CS 在其所有 CS 中均最低,因此第一限制氨基酸为苯丙氨酸+酪氨酸,其 CS 范围为 17.89~33.75;而金针菇和杏鲍菇的异亮氨酸 CS 分别为 37.55 和 36.36,为其 CS 中的最低值,因此第一限制氨

氨酸均为异亮氨酸,见表 5。

表 5 湖南地区 5 种常见食用菌 CS 的评价

氨基酸	双孢菇	金针菇	杏鲍菇	茶树菇	香菇
苏氨酸	84.97	85.25	81.57	110.83	74.82
缬氨酸	51.43	48.91	45.00	59.78	37.01
异亮氨酸	36.62	37.55	36.36	40.84	38.28
苯丙氨酸+酪氨酸	33.75	49.57	38.40	18.26	17.89
亮氨酸	60.50	50.03	62.47	64.92	49.03
赖氨酸	71.97	69.57	74.18	57.71	62.20

2.3.4 氨基酸比值系数法评价结果 双孢菇、茶树菇和香菇的苯丙氨酸+酪氨酸的 RCAA 分别为 0.79、0.41、0.51,均低于 1,且为 EAA 中的最低值,因此,双孢菇、茶树菇和香菇的第一限制氨基酸为苯丙氨酸+

表 6 湖南地区 5 种常见食用菌 EAA 的 RAA、RCAA、SRCAA

名称	参数	苏氨酸	赖氨酸	缬氨酸	异亮氨酸	亮氨酸	苯丙氨酸+酪氨酸	平均值	SRCAA
双孢菇	RAA	0.03	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	73.08
	RCAA	1.53	1.00	0.93	0.85	0.89	0.79	1.00	
金针菇	RAA	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	72.29
	RCAA	1.49	0.95	0.86	0.85	0.72	1.13	1.00	
杏鲍菇	RAA	0.03	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	75.69
	RCAA	1.47	1.05	0.81	0.85	0.92	0.90	1.00	
茶树菇	RAA	0.03	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	49.95
	RCAA	1.92	0.79	1.04	0.92	0.92	0.41	1.00	
香菇	RAA	0.04	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	62.34
	RCAA	1.64	1.07	0.81	1.09	0.88	0.51	1.00	

3 结 论

本文使用多种方法从不同的角度对湖南地区 5 种食用菌的氨基酸组成及营养进行评价,AAS 是从蛋白质营养价值角度而言进行评价,AAS 值越高,说明蛋白质营养价值越高;CS 是与人体需要最接近的卵清蛋白中的氨基酸模式做比较,CS 值越接近 100,则与标准蛋白的组成越接近,越利于人体吸收;氨基酸比值系数法,又是从另一个角度进行评价,一种蛋白质,营养价值高,并不一定代表能够全部被人体吸收,当氨基酸组成比例与 WHO/FAO 模式蛋白氨基酸越接近时,则 RCAA 越接近 1,RCAA 等于 1 就说明能够全部被人体吸收,RCAA 小于 1,则说明不足,RCAA 大于 1,则说明营养过剩。因此,用三种不同的评价方式,得出来的第一限制氨基酸不同,因为三者的第一限制氨基酸是从不同角度而言。

湖南地区 5 种常见食用菌的所测 16 种氨基酸种类基本齐全,除了杏鲍菇和茶树菇不含蛋氨酸以及香菇不含蛋氨酸和酪氨酸外,其余均含 16 种氨基酸。香菇中的蛋白质含量和氨基酸含量最高,同时香菇中的 EAA 含量也最高;5 种食用菌的 EAA 中以苏氨酸和亮氨酸含量较高,可以为合理利用食用菌中的苏氨酸和亮氨酸提供科学依据和数据支撑;苏氨酸对保护细胞膜起重要作用,在体内能促进磷脂合成和脂肪酸氧化,

酪氨酸,金针菇的亮氨酸的 RCAA 值为 0.72,为 EAA 中 RCAA 的最低值,因此其第一限制氨基酸为亮氨酸,杏鲍菇的缬氨酸的 RCAA 值为 0.81,为 EAA 中 RCAA 的最低值,因此其第一限制氨基酸为缬氨酸,其余必需氨基酸的 RCAA 值略低于 1 或者大于 1,见表 6。

5 种食用菌的 SRCAA 介于 49.95~75.69 之间,均超过薏苡(48.01),是营养价值较高的植物蛋白^[17];同时,除了茶树菇的 SRCAA 略低于 50,其余食用菌的 SRCAA 均超过 50,说明蛋白营养价值均衡,易被人体吸收^[18]。

而亮氨酸是增加肌肉块和锻炼后帮助肌肉恢复的三种 EAA 之一,同时还调节血糖并支持能量供应身体。在呈味氨基酸中,食用菌营养丰富、味道鲜美,包括鲜、甜、苦味等成分。谷氨酸和天冬氨酸是鲜味氨基酸中的特征氨基酸,其组成和含量决定口味的鲜美和可口程度^[19]。5 种食用菌中香菇的谷氨酸含量最高,而谷氨酸、天冬氨酸则是鲜味的组成成分^[20],这就是香菇更为鲜美的原因;同时鲜甜味氨基酸占比重大,口感好,食用空间大;但杏鲍菇口感不如另外 4 种食用菌,可以为倾向口感方面的饮食者提供指导。除了香菇中苏氨酸含量略低于 WHO/FAO 模式,其余均高于 WHO/FAO 模式;茶树菇中苏氨酸含量高于卵清蛋白模式,说明苏氨酸含量优异,具有较高的食用价值;同时,在 AAS 评价中,苏氨酸的氨基酸模式为最优,有利于人体的吸收和利用;在氨基酸比值系数法中,5 种食用菌的蛋白质是营养价值较高的植物蛋白;同时,该植物蛋白营养价值均衡,易被人体吸收。5 种食用菌的限制氨基酸均为苯丙氨酸+酪氨酸或异亮氨酸,可以通过与富含苯丙氨酸、酪氨酸或异亮氨酸的食物等进行结合食用,提高食用价值,具有一定的食用指导意义。

综上所述,该研究的创新性在于,通过食物成分的测定,运用科学的 AAS、CS、RAA、RCAA 以及 SRCAA 等营养学方法,可以科学地为饮食口味的选择以及饮