

DOI:10.13995/j.cnki.11-1802/ts.021122

引用格式: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.
XIONG Bingquan, LAN Xiuhua, PENG Weihong, et al. Comparative analysis and nutritional evaluation of different amino acids in *Morchlla*. spp[J]. Food and Fermentation Industries, 2020, 46(2):114-119.

不同羊肚菌氨基酸比较分析及营养评价

熊丙全¹, 兰秀华², 彭卫红³, 甘炳成³, 谢丽源^{3*}

1(成都农业科技职业学院 园林园艺分院, 四川 成都, 611130)

2(电子科技大学 生命科学与技术学院/信息生物学研究中心, 四川 成都, 610054)

3(四川农业科学院土壤肥料研究所, 四川 成都, 610066)

摘要 分析不同品系羊肚菌菌株的氨基酸组成, 探讨其营业价值。以20个不同品系羊肚菌菌株为实验材料, 采用氨基酸自动分析仪测定氨基酸含量, 通过氨基酸评分(AAS)、化学评分(CS)、必需氨基酸指数(EAAI)等多个指标对其营养价值进行评价。结果表明, 羊肚菌必需氨基酸种类齐全, 呈味氨基酸和药用氨基酸含量丰富, 鲜甜味氨基酸占比大; 亮氨酸、赖氨酸、蛋氨酸+胱氨酸在羊肚菌样品中表现相对不足, 为羊肚菌的第一限制氨基酸。氨基酸总量与各类别氨基酸相关性极显著, 但与蛋白质营养价值显著性不相关; 通过聚类分析, 样品可分为两大类, 第一类为高质蛋白品系, 第二类为营养较差品系。该研究结果为羊肚菌育种和产品开发提供了良好的理论参考。

关键词 羊肚菌; 氨基酸; 营养评价; 聚类分析

Comparative analysis and nutritional evaluation of different amino acids in *Morchlla*. spp

XIONG Bingquan¹, LAN Xiuhua², PENG Weihong³, GAN Bingcheng³, XIE Liyuan^{3*}

1(Garden and Horticulture Branch, Chengdu Agricultural College, Chengdu 611130, China)

2(School of Life Science and Technology, Center for Informational Biology, University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu 610054, China) 3(Institute of Soil and Fertilizer, Sichuan Academy of

Agricultural Sciences, Chengdu 610066, China)

ABSTRACT To analyze the amino acid composition of *Morchlla* and evaluate its nutritional value, 20 different strains of *Morchlla* were used. The amino acid was determined by automatic analysis instrument, and amino acid score (AAS), chemical score (CS), essential amino acid index (EAAI) were calculated. The results showed that essential amino acids were abundant in variety, the content of flavor amino acid and medicinal amino acids was rich, and the proportion of fresh sweet amino acids was large. The AAS and CS showed that the first limited amino acid of *Morchlla* was leucine, lysine, methionine and cystine. The total amino acids were highly correlated with various amino acids, but it was not significant with protein nutritional value. Through cluster analysis, these samples could be divided into 2 categories, one of which was high-quality protein, and the other was poorly-nutrient. The results provided a good theoretical reference for the breeding and product development.

Key words *Morchlla*; amino acid; nutrition evaluation; cluster analysis

第一作者: 硕士, 副教授(谢丽源副研究员为通讯作者, E-mail: xieliyuan77@163.com)

基金项目: 四川省科技计划重点项目(2017NZ0006); 国家现代食用菌产业技术体系项目(CARS-20)

收稿日期: 2019-05-16, 改回日期: 2019-09-17

羊肚菌 (*Morchella* spp.) 是一种珍稀名贵食用菌, 由于其菌盖表面有不规则多面凹陷皱褶似羊肚而得名^[1]。羊肚菌含有多种呈味氨基酸, 使其味道鲜美, 同时, 羊肚菌也是重要的药用菌, 不仅含有多糖、生物酶类、矿物质元素等^[2-3], 也是蛋白质的重要来源之一, 含有丰富的药效氨基酸, 有调节机体免疫力、抗疲劳、抑制肿瘤、抗菌、抗病毒、降血脂、抗氧化等多种功效^[4-12]。课题组通过 10 多年努力, 2015 年率先实现了羊肚菌大田商业化栽培的成功。随着羊肚菌人工栽培技术日益成熟, 羊肚菌菌体蛋白的开发和利用越来越受到重视, 但目前原材料选择存在随机性和普遍性, 也没有一定的标准, 并且评价羊肚菌菌体蛋白质营养价值的研究及深入分析还不多见。本文以不同羊肚菌品系作为研究材料, 对各种氨基酸含量进行测定, 采用模式谱等方法对其进行蛋白质营养分析评价, 从而为其在羊肚菌品种选育、食用价值和药用价值的开发利用提供科学的依据。

1 材料与方法

1.1 材料

不同羊肚菌样品 20 份, 编号为 M01-M20, 为羊肚菌不同品系菌株, 由四川省农业科学院土壤肥料研究所在相同生态环境下驯化栽培所得, 子实体经过采收、挑选、烘干、粉碎、过筛, 置于干燥器中备用。

1.2 主要仪器与试剂

Fw-80 高速粉碎机, 北京启宏瑞达科技有限公司; DZF-6020 真空干燥箱, 上海精宏实验设备有限公司; 超纯水装置, Millipore 公司; L-8900 氨基酸自动分析仪, 日本 Hitachi 公司; ALC-Z10.3 电子天平, 北京赛多利斯天平有限公司; UV1800 分光光度计, 日本岛津公司。

混合氨基酸标准品、色氨酸标准品, 美国 Sigma 公司; 茚三酮、HCl, 均为分析纯。

1.3 氨基酸测定^[13]

称取 100 mg 粉末样品加入水解管中, 加入 100 mL、6 mol/L 的 HCl, 封管后, 于 100 ℃ 水解 24 h, 水解后样品经处理后通过 L-8900 氨基酸自动分析仪进行氨基酸分析。

色氨酸的测定: 参考 GB/T 15400—1994《饲料中色氨酸的测定方法 分光光度法》

1.4 营养评价方法^[14-20]

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, 计算样品中的下列指标:

$$\text{氨基酸评分 (AAS)} = \frac{\text{aa}}{\text{AA (FAO/WHO)}} \quad (1)$$

$$\text{化学评分 (CS)} = \frac{\text{aa}}{\text{AA (Egg)}} \quad (2)$$

式中: aa, 试验样品氨基酸含量, mg/g; AA (FAO/WHO), FAO/WHO 评分标准模式同种氨基酸含量, mg/g; AA (Egg), 鸡蛋蛋白质中同种氨基酸含量 (mg/g)。

必需氨基酸指数 (EAAI) =

$$\left(\frac{\text{苏氨酸 } t}{\text{苏氨酸 } s} \times \frac{\text{赖氨酸 } t}{\text{赖氨酸 } s} \times \dots \times \frac{\text{缬氨酸 } t}{\text{缬氨酸 } s} \right)^{1/n} \quad (3)$$

式中: n 为比较氨基酸数; t 为实验蛋白质的氨基酸含量; s 为标准蛋白质的氨基酸含量。

$$\text{生物价 (BV)} = 1.09 \times \text{EAAI} - 11.7 \quad (4)$$

1.5 数据分析

运用 SPSS 22.0 软件对 20 个样品各类指标进行系统聚类分析。

2 结果与分析

2.1 不同羊肚菌样品的氨基酸组成及含量分析

氨基酸不仅是人体新陈代谢活动中的重要物质, 也是重要的呈味物质, 对食品的风味发挥着重要作用。不同样品中氨基酸组成及含量如表 1 所示, 20 个羊肚菌样品均含有 18 种氨基酸, 必需氨基酸齐全, 但氨基酸含量有显著差异, 氨基酸含量大小从高到低为: M04、M12、M20、M14、M02、M01、M13、M15、M03、M08、M17、M10、M11、M07、M09、M18、M16、M06、M19、M05。必需氨基酸总量从高到低为: M04、M20、M02、M12、M14、M15、M01、M17、M03、M13、M18、M07、M08、M10、M06、M19、M11、M16、M09、M05, E/T 值为 19.077% ~ 40.472%, E/N 值为 23.574% ~ 67.988%。根据 FAO/WHO 提出的理想蛋白模式, 质量较好的蛋白质 E/T 为 40% 左右, E/N 在 60% 以上^[20], 20 个羊肚菌中 M02、M18、M20 的必需氨基酸比例接近 FAO/WHO 的理想蛋白, 氨基酸配比合理。

2.2 呈味氨基酸分析^[21-22]

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。由表 1 可知, 谷氨酸在样品中的含量均很高, 是最主要的鲜味氨基酸, 同时鲜味氨基酸在整个氨基酸所占比例较高, 均超过 30%, 且 M09 达到 50% 以上; 甜味氨基酸包括丝氨酸、甘氨酸、丙氨酸、脯氨酸, 含量比例为

15.909% ~26.153% ;苦味氨基酸是由必需氨基酸组成,包括组氨酸、缬氨酸、苯丙氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、蛋氨酸、精氨酸,含量比例从 18.919% ~33.291% (表2)。由表2可知,呈味氨基酸含量大小为鲜味氨基酸

>苦味氨基酸>甜味氨基酸,且鲜甜味氨基酸的总量占苦味氨基酸的比例从 1.473 ~3.807 倍,由此可见,羊肚菌鲜甜味氨基酸占比重大,具有不错的口感,开发潜力大。

表 1 不同样品氨基酸组成及含量

单位:% (质量分数)

Table 1 The composition and content of different samples																				
氨基酸	M01	M02	M03	M04	M05	M06	M07	M08	M09	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20
天冬氨酸 Asp	2.269	2.748	0.648	1.866	0.538	0.823	1.059	2.328	2.297	1.188	1.349	1.039	1.473	0.788	0.748	1.827	0.570	0.924	1.142	2.682
苏氨酸 Thr	0.768	0.916	0.628	1.223	0.149	0.638	0.843	0.481	0.215	0.802	0.290	1.104	0.703	1.531	0.769	0.716	0.738	0.835	0.458	1.395
丝氨酸 ser	0.544	0.687	1.079	1.187	0.382	1.034	0.312	0.425	0.316	0.713	0.430	1.348	1.192	0.699	1.467	0.614	0.567	0.346	0.731	1.110
谷氨酸 Glu	3.713	2.338	3.218	7.252	1.073	2.556	2.207	2.818	2.503	2.351	2.989	6.197	3.032	4.137	4.048	1.208	3.431	2.093	1.308	3.844
甘氨酸 Gly	0.577	0.353	0.651	0.603	0.119	0.175	0.257	0.246	0.210	0.319	0.247	0.649	0.396	1.065	0.645	0.107	0.295	0.485	0.295	0.453
丙氨酸 Ala	1.687	1.983	0.994	2.038	0.471	0.483	1.190	1.123	0.835	1.027	1.016	1.866	1.721	1.682	0.980	1.231	0.443	0.249	0.343	0.962
缬氨酸 Val	0.809	1.847	0.807	1.448	0.272	0.369	0.868	0.472	0.254	0.313	0.292	1.377	0.525	2.089	1.066	0.211	0.491	0.648	0.415	1.973
半胱氨酸 Cys	0.223	0.090	0.070	0.453	0.091	0.301	0.251	0.152	0.133	0.127	0.145	0.337	0.181	0.223	0.018	0.029	0.140	0.076	0.099	0.458
蛋氨酸 Met	0.301	0.026	0.038	0.531	0.065	0.171	0.147	0.254	0.102	0.075	0.136	0.255	0.197	0.088	0.071	0.082	0.139	0.016	0.213	0.312
异亮氨酸 Ile	0.643	1.073	0.763	1.213	0.421	0.367	0.311	0.548	0.244	0.828	0.698	0.822	0.677	1.527	1.064	0.439	0.981	0.429	0.554	1.344
亮氨酸 Leu	0.747	1.217	0.520	1.306	0.108	0.253	0.406	0.581	0.354	0.151	0.221	1.044	0.350	1.990	0.100	0.186	0.507	0.556	0.231	1.223
酪氨酸 Tyr	0.298	0.548	1.004	0.423	0.118	0.115	0.284	0.354	0.133	0.612	0.582	0.566	0.227	0.471	0.242	0.564	0.375	0.316	0.232	0.638
苯丙氨酸 Phe	0.422	0.907	0.961	1.178	0.101	0.404	0.253	0.278	0.204	0.308	0.274	0.944	0.479	1.003	1.126	0.305	0.586	0.441	0.195	0.925
赖氨酸 Lys	0.396	0.294	0.445	0.848	0.221	0.316	0.268	0.246	0.138	0.112	0.107	0.587	0.275	0.426	0.462	0.086	0.437	0.296	0.089	0.298
组氨酸 His	0.107	0.105	0.161	0.309	0.116	0.117	0.170	0.133	0.163	0.141	0.097	0.253	0.224	0.144	0.195	0.830	0.537	0.129	0.112	0.101
精氨酸 Arg	0.999	0.149	0.056	1.179	0.166	0.139	0.396	1.112	0.363	1.041	0.604	2.139	1.905	0.752	0.316	0.208	0.651	0.596	0.509	0.140
脯氨酸 Pro	0.244	0.715	0.517	1.217	0.150	0.189	0.307	0.554	0.250	0.245	0.352	0.982	0.372	1.435	0.604	0.095	0.428	0.334	0.264	0.986
色氨酸 Trp	0.122	0.220	0.064	0.328	0.035	0.077	0.128	0.111	0.187	0.177	0.111	0.303	0.146	0.136	0.099	0.087	0.375	0.119	0.034	0.263
氨基酸总量(T)	14.869	16.216	12.624	24.602	4.596	8.527	9.657	12.216	8.901	10.530	9.940	21.812	14.075	20.186	14.02	8.825	11.691	8.888	7.224	19.107
必需氨基酸总量(E)	4.308	6.5	4.226	8.075	1.372	2.595	3.224	2.971	1.698	2.691	2.129	6.436	3.352	8.790	4.757	2.112	4.254	3.340	2.189	7.733
非必需氨基酸总量(N)	10.561	9.716	8.398	16.527	3.224	5.932	5.303	9.245	7.203	7.839	7.811	15.376	10.723	11.396	9.263	6.713	7.437	5.548	5.035	11.374
E/T/%	28.301	40.084	33.476	32.823	29.852	30.433	33.385	24.321	19.077	25.556	21.419	29.507	23.815	34.916	33.930	23.932	36.387	37.579	30.302	40.472
E/N/%	39.471	66.900	50.322	48.859	42.556	43.746	60.796	32.136	23.574	34.328	27.256	41.857	31.260	53.647	51.355	31.461	57.201	60.202	43.476	67.988

表 2 味觉氨基酸含量及组成比例

Table 2 The content and ratio of flavor amino acid							
菌株	含量(质量分数)/%			占比/%			鲜甜味/ 苦味
	鲜味	甜味	苦味	鲜味	甜味	苦味	
	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	
M01	5.982	3.052	4.028	40.231	20.526	27.090	2.243
M02	5.086	3.738	5.324	31.364	23.051	32.832	1.657
M03	3.866	3.241	3.306	30.624	25.673	26.188	2.150
M04	9.118	5.045	7.164	37.062	20.507	29.120	1.977
M05	1.611	1.122	1.249	35.052	24.413	27.176	2.188
M06	3.379	1.881	1.820	39.627	22.059	21.344	2.890
M07	3.266	2.066	2.551	33.820	21.394	26.416	2.090
M08	5.146	2.348	3.378	42.125	19.221	27.652	2.218
M09	4.800	1.611	1.684	53.927	18.099	18.919	3.807
M10	3.539	2.304	2.857	33.609	21.880	27.132	2.045
M11	4.338	2.045	2.322	43.642	20.573	23.360	2.749
M12	7.236	4.845	6.834	33.174	22.213	31.331	1.768
M13	4.505	3.681	4.357	32.007	26.153	30.956	1.879
M14	4.925	4.881	7.593	24.398	24.180	37.615	1.291
M15	4.796	3.696	3.938	34.208	26.362	28.088	2.156
M16	3.035	2.047	2.261	34.391	23.196	25.620	2.248
M17	4.001	1.733	3.892	34.223	14.823	33.291	1.473
M18	3.017	1.414	2.815	33.945	15.909	31.672	1.574
M19	2.450	1.633	2.229	33.915	22.605	30.856	1.832
M20	6.526	3.511	6.018	34.155	18.375	31.496	1.668

2.3 羊肚菌药用氨基酸组成分析

Glu、Asp、Arg、Gly、Phe、Tyr、Met、Leu、Lys 9 种氨基酸是维持机体氮平衡所必需的,称为药用氨基酸^[23]。羊肚菌中药用氨基酸差异较大,但在氨基酸总量所占比例均较高,达到 50% 以上,含量最高的为 M04,含量最低的为 M05。由图 1 可知,药用氨基酸中谷氨酸和天冬氨酸含量较高,是羊肚菌药用氨基酸的主要成分,其中谷氨酸含量最高,占比为 27.25% ~51.62%,谷氨酸参与机体代谢,在神经系统生长、发育、学习和记忆起重要作用,主要用于治疗脑震荡、癫痫、神经损伤以及改善儿童智力发育。天冬氨酸含量低于谷氨酸,对于缓解疲劳,调节脑和神经代谢功能,增强肝功、预防高血压和心脏病起到作用。因此羊肚菌在保健食品开发具有很大的潜力。

2.4 羊肚菌蛋白质的质量评价

羊肚菌的营养价值评定根据 FAO/WHO 1973 年建议的氨基酸的评分标准模式和中国预防医学科学营养与食品卫生研究所提出的鸡蛋模式进行比较。将表 1 的数据换算成毫克每克蛋白质,将其与 FAO/WHO 推荐的理想蛋白质模式和鸡蛋蛋白模式进行比

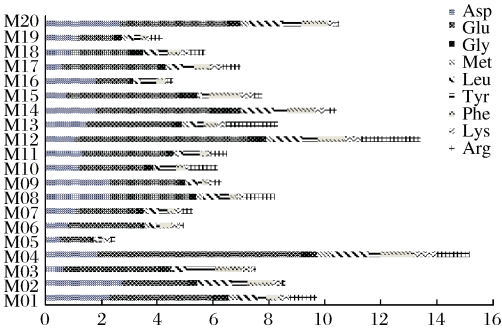


图1 不同羊肚菌样品药用氨基酸含量
Fig.1 The content of pharmacological amino acid on different samples

较,结果见表3。由表3可知,所有羊肚菌样品的亮氨酸和赖氨酸均低于理想蛋白模式,其他氨基酸模式在不同样品中有较大差异,由此说明羊肚菌氨基酸模式与人体需求有一定差别,需要给予补充,才能提高利用率。

根据表3数据,计算不同样品的AAS和CS值(表4)。从20个羊肚菌样品中可见,相对过剩和不足的氨基酸不尽相同,但总的来说,亮氨酸和赖氨酸在20个样品中均表现为相对不足。根据氨基酸评分(AAS),菌株M01、M04、M07、M08、M09、M10、M11、M12、M13、M14、M16、M19、M20第一限制氨基酸为赖氨酸,菌株M05、M06、M15、M17第一限制氨基酸为亮氨酸,菌株M02、M03、M18中蛋氨酸+胱氨酸含量最低,为第一限制氨基酸。

化学评分(CS)所得结果和氨基酸评分结果基本一致。M01、M04、M07、M08、M09、M11、M12、M16、M19、M20第一限制氨基酸为赖氨酸,M05、M06、M10、M13、M15第一限制氨基酸为亮氨酸,M02、M03、M14、M17、M18第一限制氨基酸为蛋氨酸+胱氨酸。

EAAI所体现的不是单独的必需氨基酸,而是同时考虑样品蛋白质中所有必需氨基酸相对标准蛋白中必需氨基酸的比率^[24]。按照FAO/WHO标准和全鸡蛋模式,不同菌株的EAAI值存在较大差异,结果见表4,在EAAI评价模式中,数值越接近100的样品与标准氨基酸模式越接近,其中菌株M20、M04、M07、M18与FAO/WHO标准最为接近,即相对营养价值更高,但和全鸡蛋模式相比,均还存在一定差距。EAAI与生物价BV存在特定的正比关系,在一定程度上能反映蛋白质的消化利用率。由BV值可知,菌株M20、M04、M07、M18在人体内的消化吸收率高于其他样品。

表3 必需氨基酸模式与氨基酸模式的比较
Table 3 Comparison of essential amino acid patterns with amino acid pattern

菌株	Ile	Leu	Thr	Val	Met + Cys	Phe + Tyr	Lys	Trp
M01	37.839	43.959	45.195	47.608	30.836	42.370	23.304	7.179
M02	54.379	61.676	46.422	93.604	5.879	73.738	14.890	11.149
M03	54.368	37.053	44.748	57.503	7.696	140.017	31.709	4.560
M04	46.484	50.048	46.867	55.490	37.708	61.353	32.497	12.569
M05	72.749	18.663	25.747	47.002	26.957	37.843	38.189	6.048
M06	37.956	26.166	65.984	38.163	48.816	53.677	32.682	7.964
M07	30.434	39.730	82.493	84.940	38.947	52.549	26.226	12.526
M08	37.754	40.028	33.138	32.518	27.971	43.541	16.948	7.647
M09	20.187	29.288	17.788	21.014	19.442	27.881	11.417	15.471
M10	58.807	10.724	56.960	22.230	14.347	65.341	7.955	12.571
M11	64.356	20.376	26.738	26.922	25.908	60.795	9.865	10.234
M12	34.613	43.962	46.488	57.984	24.928	63.584	24.718	12.579
M13	42.946	22.202	44.595	33.304	23.979	44.786	17.445	9.262
M14	67.837	48.823	23.590	48.379	13.816	65.482	18.925	6.042
M15	66.734	6.272	48.231	66.859	5.582	85.800	28.976	6.209
M16	43.354	18.369	70.709	20.837	10.962	85.819	8.493	8.592
M17	72.915	37.684	54.854	36.495	20.737	71.429	32.481	27.873
M18	43.624	56.539	84.910	65.893	9.355	76.978	30.100	12.101
M19	64.614	26.942	53.417	48.402	36.389	49.802	10.380	3.965
M20	62.684	57.040	65.062	92.020	35.913	72.898	13.899	12.266
FAO/WHO 模式	40	70	40	50	35	60	55	10
全鸡蛋模式	66	88	51	73	55	100	64	16

2.5 羊肚菌氨基酸相关性分析及聚类情况

由表5可知,氨基酸总量与必需氨基酸、药用氨基酸、鲜味氨基酸、甜味氨基酸、苦味氨基酸含量之间均存在极显著的正相关关系,相关系数分别为0.930、0.981、0.948、0.942、0.977,而与EAAI相关性不明显。由此说明,羊肚菌氨基酸总量越高,各类别氨基酸含量越高,但与蛋白质营养价值没有显著相关性,不能仅通过氨基酸含量来评定营养价值。

综合氨基酸总量、EAAI、E/N、E/T等指标对羊肚菌样品进行系统聚类分析,结果如图2所示,20个样品可以判定为两大类,第一类包括菌株M04、M20、M18、M17、M07和菌株M02,前者成分分析品质相对最好,后者营养价值相对较好,由此可见,第一类可作为高质蛋白,是资源利用开发的理想材料;第二类包括菌株M01、M06、M12、M05、M19、M03、M14、M15和菌株M08、M13、M11、M10、M16、M09,前者营养品质一般,后者营养品质最差。该聚类结果很好地反映出不同样品间的差异性,为羊肚菌育种、产品开发利用以及营养价值评价提供了良好的理论参考。

表 4 羊肚菌氨基酸的 AAS、CS、EAAI 和 BV 比较

Table 4 Comparison of BV, EAAI, AAS and CS of amino acid of samples

菌株	Ile		Leu		Thr		Val		Met + Cys		Phe + Tyr		Lys		Trp		EAAI		BV	
	AAS	CS	AAS	CS	AAS	CS	AAS	CS	AAS	CS	AAS	CS	AAS	CS	AAS	CS	AAS	CS	AAS	CS
M01	0.946	0.573	0.628	0.500	1.130	0.886	0.952	0.652	0.881	0.561	0.706	0.424	0.424	0.364	0.718	0.449	76.794	53.208	71.806	46.297
M02	1.359	0.824	0.881	0.701	1.161	0.910	1.872	1.282	0.168	0.107	1.229	0.737	0.271	0.233	1.115	0.697	79.666	55.198	74.936	48.466
M03	1.359	0.824	0.529	0.421	1.119	0.877	1.150	0.788	0.220	0.140	2.334	1.400	0.577	0.495	0.456	0.285	77.101	53.420	72.140	46.528
M04	1.162	0.704	0.715	0.569	1.172	0.919	1.110	0.760	1.077	0.686	1.023	0.614	0.591	0.508	1.257	0.786	98.470	68.226	95.432	62.667
M05	1.819	1.102	0.267	0.212	0.644	0.505	0.940	0.644	0.770	0.490	0.631	0.378	0.694	0.597	0.605	0.378	70.329	48.729	64.759	41.414
M06	0.949	0.575	0.374	0.297	1.650	1.294	0.763	0.523	1.395	0.888	0.895	0.537	0.594	0.511	0.796	0.498	84.652	58.652	80.371	52.231
M07	0.761	0.461	0.568	0.451	2.062	1.618	1.699	1.164	1.113	0.708	0.876	0.525	0.477	0.410	1.253	0.783	98.424	68.194	95.382	62.632
M08	0.944	0.572	0.572	0.455	0.828	0.650	0.650	0.445	0.799	0.509	0.726	0.435	0.308	0.265	0.765	0.478	66.819	46.297	60.934	38.764
M09	0.505	0.306	0.418	0.333	0.445	0.349	0.420	0.288	0.555	0.353	0.465	0.279	0.208	0.178	1.547	0.967	48.904	33.884	41.406	25.234
M10	1.470	0.891	0.153	0.122	1.424	1.117	0.445	0.305	0.410	0.261	1.089	0.653	0.145	0.124	1.257	0.786	57.271	39.681	50.525	31.552
M11	1.609	0.975	0.291	0.232	0.668	0.524	0.538	0.369	0.740	0.471	1.013	0.608	0.179	0.154	1.023	0.640	62.475	43.287	56.198	35.483
M12	0.865	0.524	0.628	0.500	1.162	0.912	1.160	0.794	0.712	0.453	1.060	0.636	0.449	0.386	1.276	0.797	86.623	60.018	82.519	53.720
M13	1.074	0.651	0.317	0.252	1.115	0.874	0.666	0.456	0.685	0.436	0.746	0.448	0.317	0.273	0.926	0.579	66.444	46.037	60.524	38.480
M14	1.696	1.028	0.697	0.555	0.590	0.463	0.968	0.663	0.395	0.251	1.091	0.655	0.344	0.296	0.604	0.378	70.416	48.789	64.854	41.480
M15	1.668	1.011	0.090	0.071	1.260	0.946	1.337	0.916	0.159	0.101	1.430	0.858	0.527	0.453	0.621	0.388	60.514	41.928	54.060	34.001
M16	1.084	0.657	0.262	0.209	1.768	1.386	0.417	0.285	0.313	0.199	1.430	0.858	0.154	0.133	0.859	0.537	57.797	40.046	51.099	31.950
M17	1.823	1.105	0.538	0.428	1.371	1.076	0.730	0.500	0.592	0.377	1.190	0.714	0.591	0.508	2.787	1.742	101.656	70.434	98.905	65.073
M18	1.091	0.661	0.808	0.642	2.123	1.665	1.318	0.903	0.267	0.170	1.283	0.770	0.547	0.470	1.210	0.756	93.001	64.437	89.471	58.537
M19	1.615	0.979	0.385	0.306	1.335	1.047	0.968	0.663	1.040	0.662	0.830	0.498	0.189	0.162	0.397	0.248	69.088	47.869	63.407	40.477
M20	1.567	0.950	0.815	0.648	1.627	1.276	1.840	1.261	1.026	0.653	1.215	0.729	0.253	0.217	1.227	0.767	104.997	72.749	102.547	67.596

表 5 相关性分析

Table 5 Correlation analysis

氨基酸	总氨基酸	必需氨基酸	药用氨基酸	鲜味氨基酸	甜味氨基酸	苦味氨基酸	EAAI
总氨基酸	1	0.930	0.981	0.948	0.942	0.977	0.414
必需氨基酸		1	0.868	0.825	0.850	0.951	0.591
药用氨基酸			1	0.975	0.905	0.940	0.365
鲜味氨基酸				1	0.849	0.879	0.306
甜味氨基酸					1	0.914	0.226
苦味氨基酸						1	0.478
EAAI							1

全蛋白。呈味氨基酸含量丰富,鲜味氨基酸含量高,占呈味氨基酸 30% 以上,且鲜甜味氨基酸占比重大,这是羊肚菌口感好,味道鲜美的重要原因。药用氨基酸在不同品种间差异较大,但占总氨基酸含量均为 50% 以上,谷氨酸和天冬氨酸是药用氨基酸主要成分,对于改善儿童生长发育、缓解疲劳、增强肝功等重要作用。由此可见,羊肚菌营养丰富,口感佳,药效好,有很大的开发利用价值和广阔的市场前景。

在蛋白质的质量评价中,必需氨基酸的组成及含量是评价蛋白质是否优质的非常重要的指标^[25-26]。WHO/FAO 氨基酸模式是开展不同品种营养评价的重要标准,被广泛用于各类果蔬的营养评价分析^[27-28]。研究表明,供试的 20 个羊肚菌样品必需氨基酸种类齐全,但是必需氨基酸含量比重高低不一,且赖氨酸、亮氨酸、蛋氨酸和胱氨酸含量相对较低,这种限制氨基酸会极大地降低蛋白质的整体利用率,导致其他的必需氨基酸在体内不能被充分利用而浪费,使得羊肚菌氨基酸模式与人体蛋白质氨基酸模式和全鸡蛋模式差别较大。因此,需要在食用时考虑和限制性氨基酸含量较高的食物一同食用,充分补足该类限制性氨基酸,提高羊肚菌中各类必需氨基酸的整体利用率和营养价值。

羊肚菌氨基酸总量与必需氨基酸、药用氨基酸、

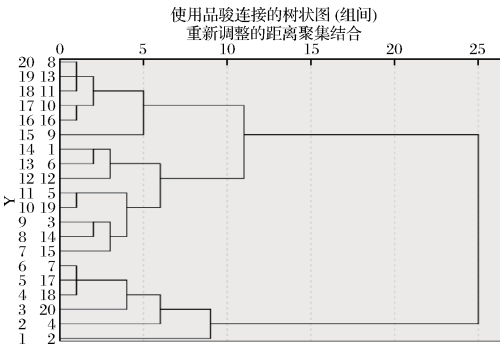


图 2 不同羊肚菌样品聚类树状图

Fig. 2 Clustering tree diagram of different samples

3 讨论

羊肚菌氨基酸种类齐全,含有 18 种氨基酸,为完

各类呈味氨基酸含量存在极显著相关性,但是与EAAI相关性不明显,由此可见,不能通过各类氨基酸含量来考察蛋白质营养价值,评价食用菌蛋白质营养价值,需要考虑必需氨基酸、呈味氨基酸、药用氨基酸、氨基酸评分、必需氨基酸指数等多个指标进行综合评价。

食用菌是优质植物蛋白食物,但不同来源、不同品系的食用菌蛋白质营养价值差别较大。通过多个指标的聚类分析,可以将类似的对象组成一个类群,每个类群具有一定特征划分。本文将20个样品分成了2个类群,高质蛋白组和品质较差组,研究结果将对羊肚菌育种、栽培以及产品开发利用提供理论基础。

参 考 文 献

- [1] 卯晓兰. 中国蕈菌[M]. 北京: 科学出版社, 2009:750-777.
- [2] 刘蓓, 吴素蕊, 朱萍, 等. 滇西北地区四种羊肚菌营养成分分析[J]. 食品工业科技, 2012, 33(1): 363-365.
- [3] GENCCELEP H, UZUN Y, TUNCTURK Y, et al. Determination of mineral contents of wild-grown edible mushrooms[J]. Food Chemistry, 2009, 113: 1 033-1 036.
- [4] GURSOY N, SARIKURKCUC, CENGİZ M, et al. Antioxidant activities, mineral contents, total phenolics and flavonoids of seven *Morchella* species[J]. Food Chemistry Toxicol, 2009, 47(9): 2 381-2 388.
- [5] IAMET O, SERKAN S, UGUR S, et al. Bioactivity and mineral contents of wild-grown edible *Morchella conica* in the Mediterranean Region[J]. Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, 2010, 5: 453-457.
- [6] 卢可可, 谭玉荣, 吴素蕊, 等. 不同产地尖顶羊肚菌多酚组成及抗氧化活性研究[J]. 食品科学, 2015, 36(7): 6-12.
- [7] MAU J L, CHANG C N, HUANG S J, et al. Antioxidant properties of methanolic extracts from *Grifola frondosa*, *Morchella esculenta* and *Termitomyces albuminosus* mycelis[J]. Food Chemistry, 2004, 87(1): 111-118.
- [8] SULKOWSKA Z K, MUSZYŃSKA B, SZEWCZYK A. Antioxidant components of selected indigenous edible mushrooms of the obsolete order Aphyllophorales[J]. Revista Iberoamericana de Micología, 2015, 32(2): 99-102.
- [9] VIEIRA V, FERNANDES Â, BARROS L, et al. Wild *Morchella conica* pers. From different origins: A comparative study of nutritional and bioactive properties[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2016, 96(1): 90-98.
- [10] 王亚辉, 梅晓灯, 张松. 尖顶羊肚菌活性提取物降血压作用的研究[J]. 现代食品科技, 2013, 29(9): 2 147-2 151.
- [11] WONG Y J, CHYE F Y. Antioxidant properties of selected tropical wild edible mushrooms[J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2009, 22: 269-277.
- [12] 殷伟伟, 张松, 吴金凤. 尖顶羊肚菌活性提取物降血脂作用研究[J]. 菌物学报, 2009, 28(6): 873-877.
- [13] 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[J]. 食品研究与开发, 2017, 38(8): 95-99.
- [14] 中国预防医学科学院营养与食品卫生研究所. 食物成分表[M]. 北京: 人民卫生出版社, 1991: 78.
- [15] 张亨, 韩建东, 李瑾, 等. 金针菇菌渣提取液对双孢蘑菇蛋白质营养价值的影响[J]. 河南农业科学, 2016, 45(9): 94-97.
- [16] 李杨梅, 贺稚非, 任灿, 等. 四川白兔的氨基酸组成分析及营养价值评价[J]. 食品与发酵工业, 2017, 43(3): 217-223.
- [17] 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.
- [18] 彭智华, 龚敏方. 蛋白质的营养评价及其在食用菌评价上的应用[J]. 食用菌学报, 1996, 3(3): 56-64.
- [19] 于文清, 彭艳芳, 许迎迎, 等. 五种野生食用菌干品营养及鲜味成分分析和评价[J]. 天然产物研究与开发, 2015, 27: 271-276; 313.
- [20] 李鹏, 殷继英, 田嘉, 等. 扁桃种仁氨基酸组分及加工品质分析[J]. 中国食品学报, 2018, 18(12): 270-282.
- [21] 刘刚, 王辉, 周本宏. 松茸氨基酸含量的测定及营养评价[J]. 中国食用菌, 2007, 26(5): 51-52.
- [22] 姜仲茂, 乌云塔娜, 王森, 等. 不同产地野生长柄扁桃仁氨基酸组成及营养价值评价[J]. 食品科学, 2016, 37(4): 77-82.
- [23] 冯笑笑, 李娟, 陈侨侨, 等. 翅果油树种仁蛋白氨基酸组成分析及营养价值评价[J]. 食品科学, 2016, 37(22): 160-165.
- [24] 赵明明, 金钰, 周有祥. 基于氨基酸指纹图谱的扁形绿茶品种分析[J]. 湖北农业科学, 2018, 57(22): 120-123.
- [25] 张迪, 谢鸿根, 潘鹤立, 等. 不同品种柑橘果肉中氨基酸的测定与分析[J]. 亚热带植物科学, 2018, 47(4): 322-326.
- [26] 李晓贝, 周峰, 杨炎, 等. 栽培基质对杏鲍菇子实体蛋白质营养价值的影响[J]. 食品科学, 2015, 36(23): 262-267.
- [27] 陈小伟, 程勇杰, 范昊安, 等. 草莓酵素发酵过程中氨基酸成分分析和蛋白质营养评价[J]. 食品工业科技, 2018, 39(19): 64-70; 78.
- [28] 尹蓉, 张倩茹, 王贤萍, 等. 不同杏品种种仁氨基酸组成分析[J]. 山西农业科学, 2017, 45(7): 1 087-1 090; 1 095.