

不同羊肚菌品种氨基酸营养评价及等鲜浓度值差异分析

谢丽源, 兰秀华, 唐杰, 彭卫红, 甘炳成*

四川省农业科学院土壤肥料研究所, 成都 610066

摘要:采用氨基酸自动分析仪和高效液相色谱仪分别测定不同羊肚菌品种游离氨基酸和 5'-核苷酸含量, 通过必需氨基酸分数(EAA)、氨基酸比值(RAA)、氨基酸比值系数(RC)、比值系数分(SRC)以及等鲜浓度值(EUC)等对其差异进行评价。结果表明:羊肚菌必需氨基酸种类齐全, 鲜甜味氨基酸占比大, 口感佳; 苏氨酸、缬氨酸以及苯丙氨酸 + 酪氨酸在羊肚菌中相对过剩, 色氨酸相对不足, 为羊肚菌的第一限制氨基酸; 通过等鲜浓度值, M_1 、 M_3 、 M_5 和 M_6 等鲜浓度处于第三水平, 鲜味较低, M_4 、 M_7 、 M_8 、 M_9 、 M_{10} 等鲜浓度处于第二水平, 鲜味明显。本研究结果为羊肚菌产品应用开发提供理论依据。

关键词:羊肚菌; 氨基酸; 5'-核苷酸; 营养评价; 等鲜浓度

中图分类号: S646.7

文献标识码: A

文章编号: 1001-6880(2020)6-1023-08

DOI: 10.16333/j.1001-6880.2020.6.016

Nutritional evaluation of different amino acids and difference analysis of equivalent umami concentration in *Morchella* spp.

XIE Li-yuan, LAN Xiu-hua, TANG Jie, PENG Wei-hong, GAN Bing-cheng*

Institute of Soil and Fertilizer, Sichuan Academy of Agricultural Sciences, Chengdu 610066, China

Abstract: The content of amino acid and 5'-nucleotide of *Morchella* was determined respectively by amino acid automatic analyzer and high performance liquid chromatography, and the difference was explored by evaluating the essential amino acid fraction(EAA), amino acid ratio(RAA), amino acid ratio coefficient(RC), ratio coefficient score(SRC) and equivalent umami concentration(EUC). The results showed that essential amino acids were abundant in variety, the proportion of fresh sweet amino acids was large, and the taste was well. The RAA and RC showed that threonine, proline and phenylalanine + tyrosine were relatively surplus, and tryptophan was the first limited amino acid of *Morchella*. Through EUC, these samples could be divided into 2 categories, one of which was the third level with low umami taste, and the other was the second level with obvious umami taste. The results provided a theoretical basis for the application and development.

Key words: *Morchella*; amino acid; 5'-nucleotide; nutrition evaluation; equivalent umami concentration

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]。羊肚菌含有丰富的氨基酸, 是植物性蛋白质的重要来源之一, 同时还含有多糖、生物酶类、矿物质元素等^[2,3]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^[4-6]。课题组通过 10 多年攻关实现了羊肚菌大田商业化栽培的成功, 并先后通过四川省农作物品种审定委员会审定羊肚菌品种 9 个。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。而对于不同品种间的氨基酸营养价值以及营养差异一直未作评价, 不同羊肚菌品种间营养价值和鲜味是否存在一定差异, 这些问题都将影响羊肚菌品种有效利用。本文以不同羊肚菌品种作为研究材料, 对游离氨基酸和 5'-核苷酸含量进行测定, 采用模式谱和等鲜浓度等方法对其进行营养价值和口感评价, 从而为其在羊肚菌食用价值和药用价值的开发利用提供科学依据。

收稿日期: 2019-10-23 接受日期: 2020-05-28

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

* 通信作者 E-mail: bcgan918@163.com

1 材料与方法

1.1 材料

四川省农业科学院微生物研发中心驯化,并经过四川省农作物品种审定委员会审定羊肚菌品种9个,如表1所示。9个羊肚菌品种在四川新都基地栽培,采用统一栽培模式、相同栽培配方和采收标准得到的羊肚菌子实体,经烘干、粉碎待用。

表1 供试羊肚菌品种

Table 1 *Morchella* evaluated in this study

编号 No.	品种 Strain
1	M ₁ (川羊肚菌1号)
2	M ₃ (川羊肚菌3号)
3	M ₄ (川羊肚菌4号)
4	M ₅ (川羊肚菌5号)
5	M ₆ (川羊肚菌6号)
6	M ₇ (川羊肚菌7号)
7	M ₈ (川羊肚菌8号)
8	M ₉ (川羊肚菌9号)
9	M ₁₀ (川羊肚菌10号)

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);LC-20 高效液相色谱仪(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);乙腈、甲醇均为色谱纯(奥克生物科技有限公司),茚三酮、盐酸、氢氧化钾等常规试剂(科龙化工)。

1.3 氨基酸测定

称取1g样品,加入水解管中,加入100 mL 6 mol/L 的盐酸,封管后,于100 °C 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^[7]。

测试条件:分离柱(4.6 mm × 60.0 mm)柱温为55 °C,反应器温度为130 °C,洗脱液流速为0.40 mL/min,三酮流速为0.35 mL/min,进样量为20 μL。

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》。

称取样品0.1 mg,置于50 mL 容量瓶中,缓慢加入25 mL 氢氧化钾溶液,置于40 °C 水解16 ~ 18 h,取出水解液,离心4 000 rpm 转速离心15 min。取2 mL 上清液置具塞试管中,加入5 mL 二甲氨基苯甲醛溶液,摇匀,以硫酸溶液作为空白,室温放置30 min,再加入0.2 mL 亚硝酸钠溶液,室温放置25 min,在590 nm 测定样品吸光度值。

1.4 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,计算样品中的下列指标:

1.4.1 必需氨基酸(essential amino acid, AA) 占总氨基酸的质量分数^[8]

$$EAA = \text{样品必需氨基酸含量} / \text{样品总氨基酸含量} \times 100\%$$

1.4.2 氨基酸比值(ratio of amino acid, RAA)^[9]

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。

1.4.3 氨基酸比值系数(ratio coefficient of amino acid, RC)^[10]

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。

1.4.4 比值系数分(score of ratio coefficient of amino acid, SRC)^[11]

SRC = 100 - CV × 100,其中 CV 为 RC 的变异系数。当 SRC = 100 时,表明该食用菌中必需氨基酸的组成比例与模式谱一致, SRC 越接近100,表明食用菌的营养价值越高, SRC 越小,则营养价值越低。

1.5 5'-核苷酸检测

取羊肚菌干品1g,加入25 mL 蒸馏水,煮沸1 min,冷却至室温后于12 000 rpm 离心15 min,取出上清液,废渣以相同方法重提一次,合并上清液,定容至50 mL。取上清液过0.22 μm 微孔滤膜,高效液相色谱仪进行检测^[12]。色谱条件:C₁₈柱(250 mm × 4.6 mm, 5 μm),流动相:KH₂PO₄ 缓冲液,259 nm 紫外扫描检测,柱温30 °C;进样量10 μL。

1.6 等鲜浓度值计算

等鲜浓度值 (equivalent umami concentration, EUC) 常用来表征食品的鲜味程度, 指在 100 g 干重的食物中, 以谷氨酸钠 (monosodium glutamate, MSG) 的量来表示呈鲜物质的总量, 计算公式如下^[13]:

$$Y = \sum a_i b_i + 1218 (\sum a_i b_i) (\sum a_j b_j)$$

式中: Y 是 EUC 值, 单位是 g MSG/100 g; a_i 为呈鲜氨基酸 (天冬氨酸 ASP 和谷氨酸 Glu) 的质量分数%, a_j 为呈鲜核苷酸 5'-肌苷酸 [(5'-IMP)、5'-鸟苷酸 (5'-GMP)、5'-黄苷酸 (5'-XMP)、5'-腺苷酸 (5'-AMP)] 的质量分数%, b_i 为呈鲜氨基酸相对 MSG 的鲜味程度值 (Glu = 1, Asp = 0.077); b_j 为呈味核苷酸相对 5'-核苷酸的值 (5'-IMP = 1, 5'-GMP = 2.3, 5'-XMP = 0.61, 5'-AMP = 0.18), 1218 为协同作用常数 (浓度单位为 g/100 g)。

1.7 数据处理

采用 IBM SPSS Statistics 22.0 进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同羊肚菌品种游离氨基酸差异分析

采用氨基酸自动分析仪对样品溶液进行测定, 9 个羊肚菌品种氨基酸组成及含量如表 2 所示。羊肚菌品种均含有 18 种氨基酸, 必需氨基酸齐全, 但氨基酸总量有明显差异, 范围在 17.23 ~ 26.16% 之间, 由高到低为 M₉、M₇、M₁₀、M₈、M₆、M₅、M₁、M₄、M₃; 不同品种间必需氨基酸含量/氨基酸总量 (essential amino acid/total amino acids, E/T) 值和必需氨基酸含量/非必需氨基酸含量 (essential amino acid/non-essential amino acid, E/N) 值差别不大, 分别在 35.47% - 37.53% 和 54.94% ~ 60.09%。根据 FAO/WHO 提出的理想蛋白模式, 质量较好的蛋白质是 E/T 为 40% 左右, E/N 在 60% 以上^[11]。由表 2 可知, 羊肚菌样品均未达到理想模式 E/T 和 E/N 要求。

表 2 不同羊肚菌品种氨基酸组成及含量 (%)

Table 2 The composition and content of different samples (%)

氨基酸 Amino acid	品种 Strain								
	M ₁	M ₃	M ₄	M ₅	M ₆	M ₇	M ₈	M ₉	M ₁₀
天门冬氨酸 Asp	2.18	1.84	2.21	2.21	2.39	2.85	2.76	2.85	2.67
苏氨酸 Thr	1.14	1.01	1.20	1.29	1.29	1.38	1.38	1.38	1.38
丝氨酸 Ser	1.11	0.92	1.10	1.20	1.10	1.29	1.29	1.38	1.29
谷氨酸 Glu	3.64	2.48	3.13	3.31	3.96	3.68	3.59	3.77	3.59
甘氨酸 Gly	1.06	1.01	1.20	1.20	1.20	1.38	1.38	1.38	1.38
丙氨酸 Ala	1.23	1.20	1.56	1.47	1.56	1.56	1.66	1.66	1.47
胱氨酸 Cys	0.41	0.09	0.09	0.09	0.18	0.46	0.37	0.46	0.55
缬氨酸 Val	1.49	1.10	1.29	1.29	1.29	1.56	1.56	1.56	1.47
蛋氨酸 Met	0.50	0.28	0.37	0.37	0.37	0.64	0.46	0.46	0.46
异亮氨酸 Ile	0.80	0.92	1.10	1.10	1.10	1.29	1.29	1.29	1.20
亮氨酸 Leu	1.37	1.38	1.66	1.66	1.75	1.93	2.02	2.02	1.93
酪氨酸 Tyr	0.59	0.46	0.55	0.46	0.55	0.92	0.74	0.83	0.74
苯丙氨酸 Phe	0.86	0.83	0.92	1.01	1.01	1.29	1.20	1.20	1.10
组氨酸 His	0.55	0.92	1.10	1.10	0.92	1.29	1.10	1.10	1.20
赖氨酸 Lys	1.32	0.92	1.20	1.20	1.66	1.38	1.38	1.56	1.38
精氨酸 Arg	1.88	0.92	1.20	1.47	2.30	1.47	1.47	1.84	2.30
脯氨酸 Pro	0.95	0.92	1.10	1.10	1.01	1.20	1.20	1.38	1.20
色氨酸 Trp	0.003	0.028	0.037	0.046	0.046	0.018	0.037	0.037	0.074
T	21.08	17.23	21.01	21.57	23.69	25.59	24.88	26.16	25.37
E	7.48	6.47	7.76	7.96	8.51	9.49	9.33	9.51	9.00
N	13.60	10.76	13.25	13.62	15.18	16.10	15.55	16.65	16.38
E/T (%)	35.50	37.53	36.96	36.89	35.92	37.10	37.50	36.36	35.47
E/N (%)	55.02	60.09	58.61	58.45	56.06	58.97	60.00	57.13	54.94

2.2 不同羊肚菌品种呈味氨基酸差异分析

不同氨基酸赋予食品鲜、甜、苦等味道,共同组成食用菌独特滋味。Glu 和 Asp 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^[14]。由表 3 可知,Glu 在羊肚菌中含量最高,其次为 Asp,可见羊肚菌鲜味氨基酸含量丰富,含量比例均在 20% 以上,口感鲜美。同时,Glu 和 Asp 还具有药用价值,是药用氨基酸的主要成分,在治疗神经损伤、改善儿童智力发育和缓解疲劳,调节脑和神经代谢方面起到作用。甜味氨基酸包括 Ser、Gly、Ala、Pro 等四种氨基酸,羊肚菌品种间含量比例差别不

大,20.64% ~ 23.65%。苦味氨基酸是由必需氨基酸组成,包括 His、Val、Phe、Ile、Leu、Met、Arg,品种间含量比例范围为 35.34% ~ 38.08%。由表 3 还可知,呈味氨基酸含量比例大小为苦味氨基酸 > 鲜味氨基酸 > 甜味氨基酸,且鲜甜味氨基酸的总量占苦味氨基酸的比例为 1.20 ~ 1.35 倍。由此可见,不同羊肚菌品种间鲜味氨基酸、苦味氨基酸和甜味氨基酸含量比例差别不大,风味差别不明显;同时还发现,鲜甜味氨基酸占比较大,Glu、Asp、Arg、Gly、Phe、Tyr、Met、Leu、Lys 等药用氨基酸含量丰富,说明羊肚菌具有不错的口感和保健功能,具有较大的开发价值。

表 3 呈味氨基酸含量及组成比例

Table 3 The content and ratio of flavor amino acids

品种 Strain	质量分数 Mass percentage (%)			占比 Content percentage (%)			比例 Proportion
	鲜味 Aa Umami Aa	甜味 Aa sweet Aa	苦味 Aa Bitter Aa	鲜味 Aa Umami Aa	甜味 Aa Sweet Aa	苦味 Aa Bitter Aa	
M ₁	5.82	4.35	7.45	27.61	20.64	35.34	1.37
M ₃	4.32	4.05	6.35	25.10	23.49	36.84	1.32
M ₄	5.34	4.97	7.64	25.40	23.65	36.34	1.35
M ₅	5.52	4.97	8.00	25.59	23.03	37.11	1.31
M ₆	6.35	4.88	8.74	26.80	20.58	36.89	1.28
M ₇	6.53	5.43	9.48	25.53	21.21	37.03	1.26
M ₈	6.35	5.52	9.11	25.51	22.19	36.61	1.30
M ₉	6.62	5.80	9.48	25.32	22.16	36.22	1.31
M ₁₀	6.26	5.34	9.66	24.66	21.03	38.08	1.20

2.3 不同羊肚菌品种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,其比例越接近,目标物质的营养价值越高^[15]。将 9 个羊肚菌品种必需氨基酸 EAA 值与 WHO/FAO 模式谱中相应氨基酸的 EAA 值进行比较,结果见表 4。羊肚菌样品中 Thr、Val 以及 Phe + Tyr 的 EAA 值均高于 WHO/FAO 模式谱,Trp 均低于模式谱,除此之外,其他氨基酸模式在不同品种有较大差异,M₃、M₄、M₅、M₆、M₇、M₈、M₉、M₁₀ 的 Ile 和 Leu EAA 值高于模式谱,M₁、M₇、M₉ 和 M₁₀ 的 Met + Cys EAA 值高于模式谱,M₁、M₄、M₅、M₆、M₈ 和 M₉ 的 Lys 比例高于模式谱。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 EAA 含量及比例计算 RAA、RC 和 SRC,可以对食物的营养价值进行直观的评价。由表 5 中 RC 值可知,不同品种过剩和不足的氨基酸不尽相同,但总的来说,Thr、Val 及 Phe + Tyr 在羊肚菌中均相对过剩,而 Trp 均表现为相对不足,是羊肚菌的第一限制氨基酸,这与大多数研究表明一般的植物性食物都缺少 Trp 相一致^[16]。

SRC 是引入氨基酸平衡理论结合 FAO/WHO 评价模式建立的蛋白质评价指标。9 个羊肚菌品种的 SRC 值由高到低分别为 M₁₀ (66.08)、M₉ (63.58)、M₈ (62.49)、M₆ (61.52)、M₇ (60.03)、M₅ (59.48)、M₄ (59.18)、M₁ (57.77)、M₃ (57.33),但差别不大,均在 60% 左右。由此说明不同羊肚菌品种间营养价值差别不大。

表 4 不同羊肚菌品种必需氨基酸的 EAA 值

Table 4 The EAA values of essential amino acids of different samples

品种 Strain	氨基酸 Amino acid (%)							
	Ile	Leu	Thr	Val	Met + Cys	Phe + Tyr	Lys	Trp
WHO/FAO	4	7	4	5	3.5	6	5.5	1
M ₁	3.80	6.50	5.41	7.07	4.32	6.88	6.26	0.01
M ₃	5.34	8.01	5.87	6.41	2.14	7.48	5.34	0.16
M ₄	5.25	7.88	5.69	6.13	2.19	7.01	5.69	0.18
M ₅	5.12	7.68	5.97	5.97	2.13	6.82	5.54	0.21
M ₆	4.66	7.38	5.44	5.44	2.33	6.60	6.99	0.19
M ₇	5.03	7.55	5.39	6.11	4.31	8.63	5.39	0.07
M ₈	5.18	8.14	5.55	6.29	3.33	7.77	5.55	0.15
M ₉	4.92	7.74	5.28	5.98	3.52	7.74	5.98	0.14
M ₁₀	4.71	7.62	5.44	5.80	3.99	7.25	5.44	0.29

表 5 不同羊肚菌品种中必需氨基酸的 RAA,RC 和 SRC 值

Table 5 Values of RAA,RC,and SRC of essential amino acids of different samples

品种 Strain		氨基酸 Amino acid								SRC
		Ile	Leu	Thr	Val	Met + Cys	Phe + Tyr	Lys	Trp	
M1	RAA	0.95	0.93	1.35	1.41	1.23	1.15	1.14	0.01	57.77
	RC	0.93	0.91	1.32	1.38	1.20	1.12	1.11	0.01	
M3	RAA	1.33	1.14	1.47	1.28	0.61	1.25	0.97	0.16	57.33
	RC	1.30	1.11	1.43	1.25	0.59	1.21	0.95	0.16	
M4	RAA	1.31	1.13	1.42	1.23	0.63	1.17	1.04	0.18	59.18
	RC	1.30	1.11	1.41	1.21	0.62	1.15	1.02	0.17	
M5	RAA	1.28	1.10	1.49	1.19	0.61	1.14	1.01	0.21	59.48
	RC	1.27	1.09	1.49	1.19	0.61	1.13	1.00	0.21	
M6	RAA	1.17	1.05	1.36	1.09	0.67	1.10	1.27	0.19	61.52
	RC	1.18	1.07	1.38	1.10	0.67	1.11	1.29	0.20	
M7	RAA	1.26	1.08	1.35	1.22	1.23	1.44	0.98	0.07	60.03
	RC	1.17	1.00	1.25	1.13	1.14	1.33	0.91	0.07	
M8	RAA	1.29	1.16	1.39	1.26	0.95	1.29	1.01	0.15	62.49
	RC	1.22	1.09	1.30	1.18	0.89	1.22	0.95	0.14	
M9	RAA	1.23	1.11	1.32	1.20	1.00	1.29	1.09	0.14	63.58
	RC	1.18	1.06	1.26	1.14	0.96	1.23	1.04	0.13	
M10	RAA	1.18	1.09	1.36	1.16	1.14	1.21	0.99	0.29	66.08
	RC	1.12	1.03	1.29	1.10	1.08	1.15	0.94	0.28	

2.4 不同羊肚菌品种核苷酸差异分析

5'-核苷酸是典型的呈鲜味物质,这些呈味核苷酸不仅具有显著的增鲜作用,而且对于动物性食品的各种滋味也有一定的增鲜作用。对不同羊肚菌品

种进行 5'-核苷酸检测,结果如表 6 所示。由表 6 可知,羊肚菌品种均检出 6 种核苷酸 5'-CMP、5'-AMP、5'-IMP、5'-GMP、5'-UMP 和 5'-XMP,总核苷酸(total nucleotide,TNT)范围跨度较大,从 294.479 ~ 1230.

47 $\mu\text{g/g}$,且羊肚菌品种均呈现 5'-CMP 和 5'-IMP 含量最高,5'-GMP、5'-UMP 和 5'-AMP 含量次之,5'-

XMP 含量最低的规律。鲜味核苷酸(umami nucleotide, UNT)表现为 M_9 和 M_4 高于其余羊肚菌品种。

表 6 羊肚菌子实体中 5'-核苷酸的含量 ($\mu\text{g/g}$)

Table 6 The content of 5'-nucleotides in the fruiting body of *Morchella* ((g/g)

品种 Strain	核苷酸 Nucleotide						UNT	TNT
	5'-CMP	5'-UMP	5'-GMP	5'-IMP	5'-XMP	5'-AMP		
M_1	291.01 \pm 7.31 ^d	59.73 \pm 5.95 ^b	21.83 \pm 1.13 ^c	150.47 \pm 4.75 ^{cd}	0.58 \pm 0.04 ^{bcd}	26.68 \pm 8.52 ^b	199.56 \pm 13.23	550.31 \pm 7.27
M_3	150.84 \pm 13.00 ^f	19.29 \pm 2.20 ^d	17.74 \pm 6.34 ^c	91.60 \pm 1.90 ^e	0.49 \pm 0.40 ^{cd}	14.51 \pm 4.71 ^b	124.34 \pm 9.38	294.48 \pm 8.18
M_4	401.59 \pm 18.64 ^c	42.91 \pm 5.49 ^{bcd}	41.92 \pm 2.26 ^a	376.10 \pm 5.56 ^a	1.18 \pm 0.30 ^{ab}	56.75 \pm 2.81 ^a	475.96 \pm 11.37	920.45 \pm 13.09
M_5	195.38 \pm 3.85 ^{ef}	34.82 \pm 7.25 ^d	15.53 \pm 0.78 ^c	156.28 \pm 4.77 ^c	0.17 \pm 0.10 ^d	26.90 \pm 8.53 ^b	198.88 \pm 6.71	429.08 \pm 4.58
M_6	259.19 \pm 8.89 ^d	26.25 \pm 3.54 ^{cd}	16.16 \pm 0.41 ^c	123.69 \pm 3.41 ^d	0.54 \pm 0.02 ^{cd}	21.26 \pm 1.00 ^b	161.66 \pm 1.36	447.11 \pm 6.16
M_7	513.67 \pm 39.19 ^b	134.29 \pm 17.07 ^a	42.56 \pm 4.05 ^a	137.08 \pm 11.90 ^{cd}	1.20 \pm 0.05 ^{ab}	10.94 \pm 4.23 ^b	191.77 \pm 4.81	839.73 \pm 21.09
M_8	294.02 \pm 19.30 ^d	30.69 \pm 1.14 ^{cd}	17.53 \pm 0.510 ^c	215.69 \pm 12.60 ^b	0.94 \pm 0.09 ^{bc}	19.55 \pm 2.57 ^b	253.71 \pm 3.53	578.42 \pm 6.61
M_9	767.05 \pm 16.79 ^a	48.19 \pm 1.53 ^{bc}	33.54 \pm 0.06 ^b	354.64 \pm 14.65 ^a	1.61 \pm 0.28 ^a	25.44 \pm 8.73 ^b	415.23 \pm 7.48	1 230.47 \pm 25.35
M_{10}	248.66 \pm 9.71 ^{de}	35.22 \pm 5.61 ^{cd}	17.34 \pm 0.93 ^c	212.57 \pm 10.64 ^b	0.08 \pm 0.01 ^d	13.69 \pm 3.80 ^b	243.68 \pm 5.56	527.57 \pm 24.71

注: X = 平均值 \pm 标准误差, 不同字母: 5% 显著性差异。

Note: X = Mean \pm Standard Error, Different letters: 5% significant difference.

2.5 等鲜浓度计算结果分析

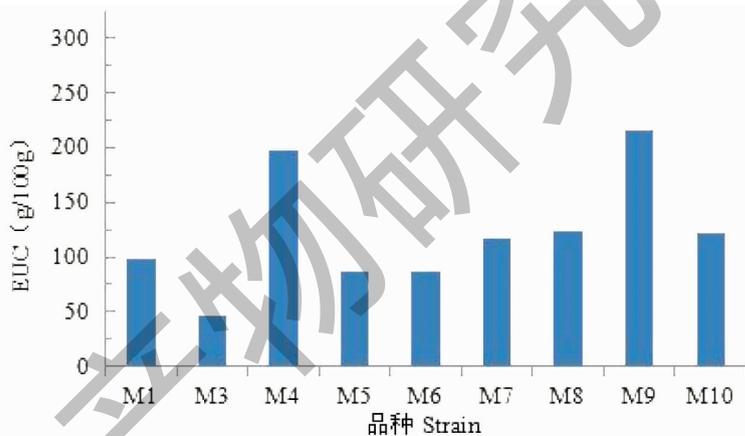


图 1 不同羊肚菌样品等鲜浓度

Fig. 1 EUC of different samples

研究表明,食用菌令人称道的鲜味主要来源于 5'-核苷酸及呈鲜氨基酸,表征食用菌鲜味的等鲜浓度值(EUC)是由这两类物质计算而得,用以客观评价食物的呈鲜作用。9 个羊肚菌品种的 EUC 值如图 1 所示。由图 1 可知,9 个羊肚菌品种的 EUC 值为 45.83 ~ 216.51 g MSG/100 g,其中 M_1 、 M_3 、 M_5 、 M_6 的 EUC 值小于 100 g MSG/100 g, M_4 、 M_7 、 M_8 、 M_9 、 M_{10} 的 EUC 值大于 100 g MSG/100 g, M_9 号最突出。Mau 等^[17]对 EUC 值划分为四个水平:第一水平为 EUC > 1 000 g MSG/100 g 干重,第二水平为 100 < EUC < 1 000 g MSG/100 g 干重,第三水平为 10 < EUC < 100 g MSG/100 g 干重,第四水平为 EUC

< 10 g MSG/100 g 干重。由 EUC 值可知,不同羊肚菌品种分属第二水平和第三水平, M_1 、 M_3 、 M_5 、 M_6 处于第三水平,鲜味较低, M_4 、 M_7 、 M_8 、 M_9 、 M_{10} 处于第二水平,鲜味明显。

3 讨论

随着食用菌产业的不断发展,对于产量和质量之间的质疑不绝于耳,人们对食用菌的关注已由“数量”向“质量”转变,因此对食用菌质量和风味进行评价具有重要意义。食用菌营养和风味的差异是由样品中成分的差异造成,而氨基酸和核苷酸对羊肚菌营养和独特的风味起着重要贡献。

氨基酸是人体进行新陈代谢的重要物质,不仅

具有各种不同生理功能,更是主要的呈味物质,对食品的风味发挥着十分重要的作用。项目组经过多年攻关,审定羊肚菌品种9个,但不同品种间的营养和风味差异还不明确,这不利于羊肚菌品种的有效利用。研究发现,不同羊肚菌品种氨基酸种类齐全,含量丰富,总量在15%以上,鲜甜味氨基酸含量占比重大,占总量20%以上。同时不同羊肚菌品种间鲜甜味和苦味氨基酸含量差别不大,可见不同品种间风味差别不明显。

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^[18]。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、肉类等营养评价分析^[19]。研究表明,不同品种苏氨酸、缬氨酸及苯丙氨酸+酪氨酸在羊肚菌中均相对过剩,而色氨酸均表现为相对不足,是羊肚菌的第一限制氨基酸,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WHO/FAO氨基酸模式差别较大。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。

食物的鲜味是氨基酸类鲜味物质和呈味核苷酸物质共同作用的结果。5'-核苷酸对甜味、肉味有增效作用,对咸、酸、苦味及腥、焦味有抑制作用。同时,5'-核苷酸可以增加蘑菇的鲜味,并且与MSG共同存在时,鲜味协同增强^[20,21]。本研究表明,羊肚菌5'核苷酸种类齐全,包括了6个单核苷酸,5'-CMP、5'-AMP、5'-IMP、5'-GMP、5'-UMP和5'-XMP。通过对不同羊肚菌品种等鲜浓度值分析,不同羊肚菌样品的等鲜浓度差别较大,分属2个水平, M_1 、 M_3 、 M_5 处于第三水平($10 < \text{EUC} < 100 \text{ g MSG}/100 \text{ g}$),鲜味较低, M_4 、 M_7 、 M_8 、 M_9 、 M_{10} 处于第二水平($100 < \text{EUC} < 1000 \text{ g MSG}/100 \text{ g}$),鲜味明显。根据不同羊肚菌品种营养和风味特性,有针对性的进行食用和药用产品开发。

参考文献

- 1 Mao XX. Chinese Mushroom(中国蕈菌)[M]. Beijing: Science Press, 2009: 750-777.
- 2 Liu B, Wu SR, Zhu P, et al. Nutrient analysis of morel in northwest Yunnan Province[J]. Sci Technol Food Ind(食品工业科技), 2012, 33(1): 363-365.

- 3 Genecelep H, Uzun Y, Tuncturk Y, et al. Determination of mineral contents of wild-grown edible mushrooms[J]. Food Chem, 2009, 113: 1033-1036.
- 4 Gursoy N, Sarikurkcu C, Cengiz M, et al. Antioxidant activities, mineral contents, total phenolics and flavonoids of seven *Morchella* species[J]. Food Chem Toxicol, 2009, 47: 2381-2388.
- 5 Lu KK, Tan Y, Wu SR, et al. Polyphenol Components and antioxidant activity of *Morchella conica* Pers. from three different habitats[J]. Food Sci(食品科学), 2015, 36(7): 6-12.
- 6 Ying WW, Zhang S, Wu JF. Hypolipidemic effect of the bioactive extract from *Morchella conica*[J]. Mycosystema(菌物学报), 2009, 28: 873-877.
- 7 Li SR, Wang L, Ni SJ, et al. The amino acids content of different part of *Stropharia rugosoannulata* and their nutrition evaluation[J]. Food Res Dev(食品研究与开发), 2017, 38(8): 95-99.
- 8 Zhang T, Hang JD, Li J, et al. Effects of *Flammulina velutipes* residue extracts on protein nutritional value of *Agaricus bisporus*[J]. J. Henan Agr Sci(河南农业科学), 2016, 45(9): 94-97.
- 9 Zhu ST, Wu K. Nutritional evaluation of protein -ratio coefficient of amino acid[J]. Acta Nutri Sin(营养学报), 1988, 10(2): 187-190.
- 10 Yu WQ, Peng YF, Xu YY, et al. Analysis and evaluation of nutritional and flavor components of five wild dried edible fungi[J]. Nat Prod Res Dev(天然产物研究与开发), 2015, 27: 271-276.
- 11 Li P, Ying JY, Tian J, et al. Analysis of processing quality and amino acid components of almond kernels[J]. J Chin Inst Food Sci Tech(中国食品学报), 2018, 18(12): 270-282.
- 12 Das PR, Kim Y, Hong SJ, et al. Profiling of volatile and non-phenolic metabolites-amino acids, organic acids, and sugars of green tea extracts obtained by different extraction techniques[J]. Food Chem, 2019, 296: 69-77.
- 13 Yu HL, Li Y, Chen WC, et al. Analysis of differential EUC in dried fruiting bodies of different cultivars of *Lentinus edodes*[J]. Food Sci(食品科学), 2018, 39(4): 171-175.
- 14 Jing ZM, Wu YTN, Wang S, et al. Amino acid composition and nutritional quality evaluation of wild *Amygdalus phedulatus* Pall. kernels from different growing regions[J]. Food Sci(食品科学), 2016, 37(4): 77-82.
- 15 Yang XK, Wang LX, Liu YF, et al. Composition comparison and nutritional evaluation of amino acids in 7 kinds of wild edible mushrooms from Yunnan province[J]. Food Safe Qual Detec Technol(食品安全质量检测学报), 2016, 7: 3912-3917.