DOI: 10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.20260309002
引用格式: 左家信, 汪琼, 陈东洋, 等. 湖南省 12 种地方特色菜肴中氨基酸的组成分析及营养评价[J]. 食品安全质量检测学报, 2026, 17(14): 135–143.
Zuo Jiaxin, Wang Qiong, Chen Dongyang, et al. Analysis of amino acid composition and nutritional evaluation of 12 kinds of local specialty dishes in Hunan Province [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2026, 17(14): 135–143. (in Chinese with English abstract).

湖南省 12 种地方特色菜肴中氨基酸的组成分析及营养评价

左家信[1], 汪 琼[2*], 陈东洋[1], 王 琳[1]
(1. 湖南省疾病预防控制中心, 长沙 410153; 2. 长沙市疾病预防控制中心, 长沙 410026)

摘 要: 目的 分析湖南省 12 种菜肴的氨基酸组成, 评价其营养价值。**方法** 依据国家食物成分监测工作方案, 采集湖南省内具有代表性的 12 种地方菜肴, 使用 Kjeltec 2300 自动凯氏定氮仪测定蛋白质含量, 采用曼默博尔 A300 全自动氨基酸分析仪测定氨基酸组成及含量。运用氨基酸评分法、化学评分法及氨基酸比值系数法对菜肴进行营养价值综合评价。**结果** 12 种菜肴中, 武冈卤香干的蛋白质含量最高, 为 27.99 g/100 g, 新化三合汤最低, 为 6.04 g/100 g; 氨基酸总量最高为武冈卤香干(23.34 g/100 g), 最低为新化三合汤(3.18 g/100 g); 12 种菜肴中, 除了蒸火焙鱼、青椒炒油渣、武冈卤香干和红烧娃娃鱼(养殖)均检测到 17 种氨基酸, 其余菜肴均未检测到蛋氨酸; 其中谷氨酸和天冬氨酸含量普遍较高, 是主要的鲜味氨基酸; 必需氨基酸中, 亮氨酸和赖氨酸含量普遍相对较高; 大部分菜肴中赖氨酸含量表现突出, 除香肠(39.00 mg/g 蛋白)、蜂蛹(42.98 mg/g 蛋白)、包谷酸(34.59 mg/g 蛋白)及武冈卤香干(50.73 mg/g 蛋白)外, 其余 8 种菜肴的赖氨酸含量均高于世界卫生组织/联合国粮农组织模式(55 mg/g 蛋白)和卵清蛋白模式(55 mg/g 蛋白); 营养评价结果显示, 限制性氨基酸包括蛋氨酸、异亮氨酸、缬氨酸、苏氨酸、苯丙氨酸+酪氨酸; 氨基酸比值系数分除了香肠(40.46)和包谷酸(43.32)较低外, 其余介于 58.04~81.90 之间, 表明这些食品的蛋白质氨基酸组成较为均衡, 营养价值较高。**结论** 湖南地区 12 种地方特色菜肴蛋白质含量较为丰富, 赖氨酸含量普遍较高, 营养价值良好。建议在膳食中通过搭配富含蛋氨酸、异亮氨酸、缬氨酸、苏氨酸、苯丙氨酸和酪氨酸的食物, 以提高蛋白质的整体营养利用率。

关键词: 湖南省; 地方特色菜肴; 氨基酸; 营养评价
中图分类号: TS201.4 **文献识别码:** A **文章编号:** 2095–0381(2026)14–0135–09

Analysis of amino acid composition and nutritional evaluation of 12 kinds of local specialty dishes in Hunan Province

ZUO Jia-Xin[1], WANG Qiong[2*], CHEN Dong-Yang[1], WANG Lin[1]
(1. *Hunan Provincial Center for Disease Control and Prevention*, *Changsha* 410153, *China*; 2. *Changsha Center for Disease Control and Prevention*, *Changsha* 410026, *China*)

收稿日期: 2026-03-09
基金项目: 国家卫生健康委员会食物成分监测项目
第一作者: 左家信(1986—), 男, 硕士, 主管技师, 主要研究方向为食品安全检测。E-mail: 147466359@qq.com
***通信作者:** 汪琼(1988—), 女, 硕士, 主管技师, 主要研究方向为食品安全检测。E-mail: 476223506@qq.com

ABSTRACT: Objective To analyze the amino acid composition of 12 kinds of dishes from Hunan Province and evaluate their nutritional value. **Methods** Following the National Food Composition Monitoring Work Plan, 12 kinds of representative local dishes were collected from Hunan Province. Protein content was determined using a Kjeltee 2300 automatic nitrogen determinator kjeldahl apparatus, while amino acid composition and content were analyzed using a membra Pure GmbH A300 automatic amino acid analyzer. The nutritional value of the dishes was comprehensively evaluated using the amino acid score, chemical score and amino acid ratio coefficient score. **Results** Among the 12 kinds of dishes, Wugang braised tofu had the highest protein content (27.99 g/100 g), while Xinhua sanhe soup had the lowest (6.04 g/100 g). The highest total amino acid content was also found in Wugang braised tofu (23.34 g/100 g), and the lowest in Xinhua sanhe soup (3.18 g/100 g). The 17 kinds of amino acids were detected in steamed smoked fish, stir-fried pepper with oil residue, Wugang braised tofu and braised giant salamander (farmed), while methionine was not detected in the remaining dishes. Glutamic acid and aspartic acid were generally abundant, serving as the primary umami amino acids. Among the essential amino acids, leucine and lysine were relatively abundant. Lysine content was notably high in most dishes, exceeding the World Health Organization/Food and Agriculture Organization reference pattern (55 mg/g protein) and the ovalbumin pattern (55 mg/g protein) in 8 kinds of dishes, with the exceptions being sausage (39.00 mg/g protein), bee pupae (42.98 mg/g protein), baogusuan (34.59 mg/g protein) and Wugang braised tofu (50.73 mg/g protein). Nutritional evaluation identified methionine, isoleucine, valine, threonine and phenylalanine+tyrosine as limiting amino acids. The standard reference coefficient for amino acid values ranged from 58.04 to 81.90 for most dishes, except for sausage (40.46) and baogusuan (43.32), indicating a relatively balanced amino acid composition and high nutritional value for these foods. **Conclusion** The 12 kinds of local specialty dishes from Hunan are rich in protein, with generally high lysine content and favorable nutritional value. It is recommended to combine these dishes with foods rich in methionine, isoleucine, valine, threonine, phenylalanine and tyrosine to enhance overall protein utilization in the diet.

KEY WORDS: Hunan Province; local specialty dishes; amino acids; nutritional evaluation

0 引 言

湖南地处长江中游，物产丰饶，饮食文化源远流长，形成了以酸辣鲜香、口味浓郁为典型特征的湘菜体系，在湖湘文化的传承、认同和传播方面具有不可替代的重要作用[1]。湘菜作为中国八大菜系之一，具有独特的美食标识，凭借香辣鲜嫩和油重色浓的风格，征服了食客们的味蕾[2−3]。湘菜的发展对中国烹饪文化、美食旅游、饮食文明和工业发展等方面均产生了深远的影响[4]。

近年来湘菜产业规模持续扩大，市场影响力显著提升[5]，湘菜产业规模在 2021 年已稳居全国餐饮菜系第二位[6]。市场份额和门店数量稳居全国八大菜系前列[7]。随着人们对膳食营养与健康关注度的不断提高，对湘菜及其原料的营养成分进行科学系统的评价显得日益重要。氨基酸是构成蛋白质的基本单位，其种类、含量及比例是评价食物蛋白质营养价值的关键指标[8]。食物营养评价通常采取营养成分分析[9−14]、蛋白质营养价值评价[15−20]、氨基酸营养价值评价[21−26]等。

目前，已有研究对菜肴原料的氨基酸组成进行了分析评价，但对于经过烹饪加工后可以直接食用的地方特色成品菜肴的系统研究仍相对不足。这些成品菜肴更能真实反映居民的实际摄入营养状况，其评价结果对指导居民合理膳食具有更直接的现实意义。鉴于此，本研究依据国家食物成分监测项目要求，选取湖南省消费量较大、具有代表性的 12 种地方特色菜肴，系统分析其氨基酸组成，并采用多种国际通用的营养评价方法进行综合评价，以期为科学评价湘菜营养价值、指导居民均衡膳食以及推广地方饮食文化提供数据支撑和理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

选取点餐排名靠前且配方标准化的菜肴为采样对象；采样地点为长沙浏阳市、娄底双峰县、娄底新化县、邵阳武冈市、张家界武陵区和湘西自治州吉首市的连锁餐厅或品牌餐厅；12 种菜肴分别为：蒸腊肠、蒸火焙鱼、青椒炒油渣、新化三合汤、雪花丸子、白溪香干、武冈卤香干、红烧娃娃鱼(养殖)、合渣、香肠、蜂蛹和包谷酸，其中红烧娃娃鱼(养殖)来源为合法养殖。在每座城市随机选取 3 个

采样点, 涵盖 12 种菜肴, 每类菜肴在每个采样点采集 500 g, 且确保每类菜肴的总量要超过 1.5 kg。冷藏运输至实验室, 不可食部分经剔除后, 按照同种类混合、四分法缩分并打碎匀浆混匀, 按照每类菜肴每份 200 g 并分 3 份于 4 ℃冰箱中冷藏保存, 备用。

盐酸、苯酚(分析纯)、乙酸(色谱纯)、Tris 碱(生化试剂)(国药集团化学试剂有限公司); XIV 型灰色链霉菌蛋白酶(活力大于等于 3.5 U/mg, 德国 Sigma 公司); 甲醇(色谱纯, 德国默克公司); 乙酸铵(色谱纯, 上海阿拉丁生化科技股份有限公司); 17 种氨基酸混合标准溶液(除胱氨酸浓度为 50 nmol/mL 外, 其余均为 100 nmol/mL)、茚三酮溶液、柠檬酸钠缓冲溶液(色谱纯)、氨基酸流动相(德国曼默博尔公司); 色氨酸标准品(纯度 100.0%, 中国食品药品检定研究院)。

1.2　仪器与设备

A300 全自动氨基酸分析仪(德国曼默博尔公司); Waters ACQUityTM 超高效液相色谱仪(美国 Waters 公司); PXSJ-216F pH 计(上海雷磁仪器有限公司); εlma®超声波发生器(德国 εlma 公司); Millipore 超纯水系统(美国 Millipore 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); Kjeltee2300 自动凯氏定氮仪(丹麦福斯公司); AJ100 十万分之一电子天平[瑞士梅特勒-托利多仪器(中国)有限公司]; SHZ-D(III)循环水式多用真空泵(上海一科仪器有限公司); VORTEX-2 GENIE®涡旋混合器(美国 Scientific Industries 公司); TC-8 脱酸仪(日本 TAITEC 公司)。

1.3　检测方法

蛋白质含量测定: 依据 GB 5009.5—2016《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》, 采用凯氏定氮法进行测定。

氨基酸含量测定: 依据 GB 5009.124—2016《食品安全国家标准 食品中氨基酸的测定》, 采用氨基酸分析仪柱后衍生法进行测定; 共测定 16 种氨基酸, 包括天门冬氨酸、苏氨酸、丝氨酸、谷氨酸、甘氨酸、丙氨酸、缬氨酸、蛋氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、酪氨酸、苯丙氨酸、赖氨酸、组氨酸、精氨酸、脯氨酸。色氨酸依据 GB 5009.294—2023《食品安全国家标准 食品中色氨酸的测定》中的酶水解-液相色谱法进行测定。

1.4　营养评价方法

为全面评估食品蛋白质的营养价值, 本研究采用 3 种不同的评价体系: 氨基酸评分(amino acid score, 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, FAO)推荐的必需氨基酸(essential amino acids, EAA)评分标准模式计算[27]; 化学评分(chemical score, CS): 采用 FAO 推荐的卵清蛋白作为标准蛋白模式进行计算[28–29]; 氨基酸比值系数法: 参考朱圣陶等[30]、王晓媛等[31]提出的方法, 计算氨基酸比值(ratio value of amino acid, RAA)、氨基酸比值系数(reference coefficient for amino acid, RCAA)、氨基酸比值系数分(standard reference coefficient for amino acid, SRCAA)及变异系数(coefficient of variation, CV); 计算如式(1)~(6)所示。

$$\mathrm{AAS}/\% = \frac{\text{样品蛋白质中氨基酸含量(mg/g)}}{\text{WHO / FAO}} \times 100\% \quad (1)$$

$$\mathrm{CS}/\% = \frac{\text{样品蛋白质中氨基酸含量(mg/g)}}{\text{卵清蛋白模式中相应必需氨基酸含量(mg/g)}} \times 100\% \quad (2)$$

$$\mathrm{RAA} = \frac{\text{待测样品蛋白质中某种必需氨基酸含量(mg/g 蛋白)}}{\text{WHO/FAO评分标准模式中相应必需氨基酸含量(mg/g 蛋白)}} \quad (3)$$

$$\mathrm{RCAA} = \frac{\text{待测样品蛋白质中某种必需氨基酸的RAA}}{\text{各种氨基酸RAA的平均值}} \quad (4)$$

$$\mathrm{SRCAA} = 100 \times (1 - \mathrm{CV}) \quad (5)$$

$$\mathrm{CV} = \frac{\text{RCAA的标准差}}{\text{RCAA的均数}} \quad (6)$$

1.5　数据处理

所有检测均进行 3 次平行实验, 以平均值±标准偏差表示结果。数据采用 Excel 2010 对数据进行分析处理。

2　结果与分析

2.1　12 种菜肴的氨基酸组成分析

表 1 为测定的 17 种氨基酸数据, 菜肴中氨基酸种类基本齐全。在所测的 12 种食物中, 蛋白质含量介于 6.04~27.99 g/100 g之间, TAA 介于 3.18~23.34 g/100 g之间, 最高为武冈卤香干(23.34 g/100 g), 最低为新化三合汤(3.18 g/100 g)。在单个氨基酸含量排名方面, 最高含量氨基酸除香肠中甘氨酸含量最高(2.79 g/100 g)外, 其余各菜肴中谷氨酸含量均为最高。含量前 7 的氨基酸占 TAA 的比例在 63.58%~73.18%之间, 最高为香肠(73.18%), 最低为武冈卤香干(63.58%)。EAA 总量以武冈卤香干最高(8.04 g/100 g), 新化三合汤最低(1.17 g/100 g)。除了蒸火焙鱼、青椒炒油渣、武冈卤香干和红烧娃娃鱼(养殖)检出蛋氨酸外, 其余均未检出蛋氨酸。蒸火焙鱼、青椒炒油渣、新化三合汤、雪花丸子、红烧娃娃鱼(养殖)、合渣、香肠中 EAA 含量最高的是赖氨酸, 在 TAA 中占比 6.09%~11.95%之间, 最高为新化三合汤(11.95%), 最低为香肠(6.09%); 白溪香干、武冈卤香干、蜂蛹、包谷酸中 EAA 含量最高的是亮氨酸, 在氨基酸总量中占比 8.38%~11.14%之间, 最高为包谷酸(11.14%), 最低为蜂蛹(8.38%)。

表 1 湖南省 12 种菜肴的蛋白质和氨基酸组成及含量(g/100 g, *n*=3)

Table 1 Composition and content of protein and amino acids in 12 kinds of cuisine in Hunan Province (g/100 g, *n*=3)

成分	蒸腊肠	蒸火焙鱼	青椒炒油渣	新化三合汤	雪花丸子	白溪香干	武冈卤香干	红烧娃娃鱼(养殖)	合渣	香肠	蜂蛹	包谷酸
蛋白质	12.73±0.64	21.74±1.09	11.21±0.56	6.04±0.30	7.84±0.39	9.22±0.46	27.99±1.40	15.75±0.79	6.60±0.33	25.90±1.30	15.82±0.79	6.36±0.32
赖氨酸 [a]	0.71±0.04	1.88±0.09	0.71±0.04	0.38±0.02	0.64±0.03	0.60±0.03	1.42±0.07	1.14±0.06	0.48±0.02	1.01±0.05	0.68±0.03	0.22±0.01
缬氨酸 [a]	0.51±0.03	1.01±0.05	0.33±0.02	0.16±0.01	0.30±0.02	0.37±0.02	1.09±0.06	0.61±0.03	0.23±0.01	0.55±0.03	0.56±0.03	0.22±0.01
苏氨酸 [a]	0.47±0.02	0.99±0.05	0.37±0.02	0.14±0.01	0.29±0.01	0.31±0.02	1.01±0.05	0.62±0.03	0.24±0.01	0.52±0.03	0.49±0.02	0.09±0.00
异亮氨酸 [a]	0.34±0.02	0.84±0.04	0.31±0.02	0.06±0.00	0.26±0.01	0.37±0.02	0.94±0.05	0.52±0.03	0.27±0.01	0.41±0.02	0.50±0.02	0.16±0.01
苯丙氨酸 [a]	0.46±0.02	0.83±0.04	0.35±0.02	0.14±0.01	0.23±0.01	0.46±0.02	1.13±0.06	0.51±0.03	0.27±0.01	0.43±0.02	0.32±0.02	0.44±0.02
蛋氨酸 [a]	-	0.04±0.00	0.08±0.00	-	-	-	0.05±0.001	0.02±0.00	-	-	-	-
亮氨酸 [a]	0.81±0.04	1.65±0.08	0.52±0.03	0.25±0.01	0.48±0.02	0.73±0.04	2.01±0.10	1.00±0.05	0.45±0.02	0.78±0.04	0.92±0.05	0.48±0.02
色氨酸 [a]	0.17±0.01	0.25±0.01	0.14±0.01	0.04±0.00	0.13±0.01	0.12±0.01	0.39±0.02	0.23±0.01	0.12±0.01	0.36±0.02	0.15±0.01	0.04±0.00
谷氨酸 [b]	1.64±0.08	3.68±0.18	1.75±0.09	0.46±0.02	1.08±0.05	1.67±0.08	4.17±0.21	1.88±0.09	1.34±0.07	2.53±0.13	2.00±0.10	0.51±0.03
丙氨酸 [b]	0.76±0.04	1.55±0.08	0.50±0.02	0.24±0.01	0.41±0.02	0.37±0.02	1.09±0.05	0.75±0.04	0.26±0.01	1.47±0.07	0.70±0.04	0.45±0.02
甘氨酸 [b]	1.14±0.06	1.64±0.08	0.58±0.03	0.19±0.01	0.50±0.02	0.36±0.02	1.08±0.05	0.93±0.05	0.27±0.01	2.79±0.14	0.75±0.04	0.24±0.01
脯氨酸 [b]	0.81±0.04	0.87±0.04	0.35±0.02	0.09±0.00	0.22±0.01	0.26±0.01	1.09±0.06	0.53±0.03	0.25±0.01	1.74±0.09	0.53±0.03	0.46±0.02
丝氨酸 [b]	0.50±0.02	0.89±0.04	0.36±0.02	0.12±0.01	0.28±0.01	0.43±0.02	1.27±0.06	0.60±0.03	0.34±0.02	0.68±0.03	0.52±0.03	0.13±0.01
酪氨酸 [b]	0.52±0.03	0.74±0.04	0.38±0.02	0.15±0.01	0.27±0.01	0.55±0.03	1.01±0.05	0.45±0.02	0.26±0.01	0.17±0.01	0.80±0.04	0.24±0.01
组氨酸 [b]	0.28±0.01	0.50±0.02	0.44±0.02	0.26±0.01	0.34±0.02	0.32±0.02	0.75±0.04	0.37±0.02	0.27±0.01	0.55±0.03	0.44±0.02	0.14±0.01
天冬氨酸 [b]	1.13±0.06	2.68±0.13	0.90±0.04	0.36±0.02	0.76±0.04	1.15±0.06	3.20±0.16	1.55±0.08	0.84±0.04	1.54±0.08	1.18±0.06	0.41±0.02
精氨酸 [b]	0.71±0.04	1.30±0.06	0.52±0.03	0.14±0.01	0.35±0.02	0.58±0.03	1.64±0.08	0.90±0.04	0.40±0.02	1.06±0.05	0.44±0.02	0.08±0.00
TAA	10.96±0.56	21.34±1.03	8.59±0.45	3.18±0.17	6.54±0.31	8.65±0.45	23.34±1.17	12.61±0.64	6.29±0.29	16.59±0.84	10.98±0.56	4.31±0.21
EAA	3.47±0.18	7.69±0.36	2.81±0.16	1.17±0.06	2.33±0.11	2.96±0.16	8.04±0.41	4.65±0.24	2.06±0.09	4.06±0.21	3.62±0.18	1.65±0.08
NEAA	7.49±0.38	13.85±0.67	5.78±0.29	2.01±0.10	4.21±0.20	5.69±0.29	15.30±0.76	7.96±0.40	4.23±0.20	12.53±0.63	7.36±0.38	2.66±0.13
EAA/TAA/%	31.7	35.1	32.7	36.8	35.6	34.2	34.4	36.9	32.8	24.5	33.0	38.3
EAA/NEAA/%	46.3	54.1	48.6	58.2	55.3	52.0	52.5	58.4	48.7	32.4	49.2	62.0

注: TAA 为氨基酸总量(total amino acids); NEAA 为非必需氨基酸(non essential amino acids); [a]为 EAA; [b]为 NEAA; -为未检出。

2.2 12 种菜肴的氨基酸营养价值评价

2.2.1 EAA 组成成分分析

由表 2 可知, 除了蒸火焙鱼、雪花丸子、白溪香干、合渣 4 种 EAA 含量值(376.74、331.64、380.70、351.51 mg/g 蛋白)介于 325 mg/g 蛋白(WHO/FAO 模式)和 425 mg/g 蛋白(卵清蛋白模式)之间, 其余 8 种均低于 WHO/FAO 模式和卵清蛋白模式; 将酪氨酸与苯丙氨酸合并计算是由于酪氨酸由苯丙氨酸转变而来[31]; 从单个 EAA 看, 大部分菜肴中赖氨酸含量表现突出, 除香肠(39.00 mg/g 蛋白)、蜂蛹(42.98 mg/g 蛋白)、包谷酸(34.59 mg/g 蛋白)及武冈卤香干(50.73 mg/g 蛋白)外, 其余 8 种菜肴的赖氨酸含量均高于 WHO/FAO 模式(55 mg/g 蛋白)和卵清蛋白模式(55 mg/g 蛋白), 尤其在蒸火焙鱼(86.48 mg/g 蛋白)、雪花丸子(81.63 mg/g 蛋白)、红烧娃娃鱼(养殖)(72.38 mg/g 蛋白)和合渣(72.73 mg/g 蛋白)中表现优异, 说明这些菜肴中赖氨酸含量较高, 具有较好的营养和食用价值。此外, 苯丙氨酸与酪氨酸合并计算后, 除了白溪香干(109.54 mg/g 蛋白)和包谷酸(106.92 mg/g 蛋白)的含量高于 WHO/FAO 模式(60 mg/g 蛋白), 也接近或超过卵清蛋白模式(100 mg/g 蛋白); 同时, 新化三合汤(48.01 mg/g 蛋白)和香肠(23.17 mg/g 蛋白)远远低于这两种模式外, 其余均介于这两种模式之间, 表明其在芳香族氨基酸方面具有较好的供给能力。

2.2.2 AAS 分析

由表 3 可知, 12 种菜肴中, 蒸火焙鱼、青椒炒油渣、雪花丸子、白溪香干、武冈卤香干、红烧娃娃鱼(养殖)、合渣、蜂蛹中缬氨酸的 AAS 最低, 介于 58.88~92.92 之间, 为第一限制氨基酸; 蒸腊肠和新化三合汤中异亮氨酸 AAS 最低, 分别为 66.78 和 24.83, 为第一限制氨基酸; 包谷酸第一限制氨基酸为苏氨酸(AAS 最低为 35.38), 香肠第一限

制氨基酸为苯丙氨酸+酪氨酸(AAS 最低为 38.62); 蒸腊肠、蒸火焙鱼、青椒炒油渣、新化三合汤、雪花丸子、白溪香干、红烧娃娃鱼(养殖)、合渣中的赖氨酸, 蒸腊肠、蒸火焙鱼、青椒炒油渣、雪花丸子、白溪香干、武冈卤香干、红烧娃娃鱼(养殖)、合渣、蜂蛹、包谷酸的苯丙氨酸+酪氨酸, 蒸火焙鱼、白溪香干、武冈卤香干、包谷酸中的亮氨酸, 蒸火焙鱼中的苏氨酸, 白溪香干和合渣中的异亮氨酸的 AAS 均大于 100, 同时, 除了新化三合汤、蜂蛹、包谷酸外, 其余菜肴的色氨酸 AAS 也均大于 100, 表明这些氨基酸模式最优, 有利于人体的吸收和利用。

2.2.3　CS 分析

由表 4 可知, 合渣中的缬氨酸 CS 最低(54.45), 香肠中的苯丙氨酸+酪氨酸 CS 最低(23.17), 包谷酸中的苏氨酸 CS 最低(27.75), 因此, 均为第一限制氨基酸; 其余均为异亮氨酸 CS 最低, 介于 15.05~60.80 之间, 因此, 第一限制氨基酸为异亮氨酸。

表 2　湖南省 12 种菜肴中 EAA 的组成及比较分析(mg/g 蛋白)

Table 2　Composition and comparative analysis of EAA in 12 kinds of cuisine in Hunan Province (mg/g protein)

名称	赖氨酸	缬氨酸	苏氨酸	异亮氨酸	苯丙氨酸+酪氨酸	亮氨酸	色氨酸	总含量
蒸腊肠	55.77	40.06	36.92	26.71	76.98	63.63	13.35	313.50
蒸火焙鱼	86.48	46.46	45.54	38.64	72.22	75.90	11.50	376.74
青椒炒油渣	63.34	29.44	33.01	27.66	65.12	46.39	12.49	277.45
新化三合汤	62.91	26.49	23.18	9.93	48.01	41.39	6.62	218.51
雪花丸子	81.63	38.27	37.00	33.16	63.78	61.22	16.58	331.64
白溪香干	65.08	40.13	33.62	40.13	109.54	79.18	13.02	380.70
武冈卤香干	50.73	38.94	36.08	33.58	76.46	71.81	13.93	321.53
红烧娃娃鱼(养殖)	72.38	38.73	39.37	33.02	60.95	63.49	14.60	322.54
合渣	72.73	34.85	36.36	40.91	80.30	68.18	18.18	351.51
香肠	39.00	21.24	20.08	15.83	23.17	30.12	13.90	163.34
蜂蛹	42.98	35.40	30.97	31.61	70.80	58.15	9.48	279.39
包谷酸	34.59	34.59	14.15	25.16	106.92	75.47	6.29	297.17
WHO/FAO 模式值	55	50	40	40	60	70	10	325
卵清蛋白模式值	55	64	51	66	100	73	16	425

表 3　湖南省 12 种菜肴 AAS

Table 3　AAS of 12 kinds of cuisine in Hunan Province

名称	赖氨酸	缬氨酸	苏氨酸	异亮氨酸	苯丙氨酸+酪氨酸	亮氨酸	色氨酸
蒸腊肠	101.40	80.12	92.30	66.78	128.43	90.90	133.50
蒸火焙鱼	157.24	92.92	113.85	96.60	120.37	108.43	115.00
青椒炒油渣	115.16	58.88	82.53	69.15	108.53	66.27	124.90
新化三合汤	114.38	52.98	57.95	24.83	79.98	59.13	66.20
雪花丸子	148.42	76.54	92.50	82.90	106.30	87.46	165.80
白溪香干	118.33	80.26	84.05	100.33	182.57	113.11	130.20
武冈卤香干	92.24	77.88	90.20	83.95	127.43	102.59	139.30
红烧娃娃鱼(养殖)	131.60	77.46	98.43	82.55	101.58	90.70	146.00
合渣	132.24	69.70	90.90	102.28	133.83	97.40	181.80
香肠	70.91	42.48	50.20	39.58	38.62	43.03	139.00
蜂蛹	78.15	70.80	77.43	79.03	118.00	83.07	94.80
包谷酸	62.89	69.18	35.38	62.90	178.20	107.81	62.90

表 4 湖南省 12 种菜肴 CS

Table 4 CS of 12 kinds of cuisine in Hunan Province

名称	赖氨酸	缬氨酸	苏氨酸	异亮氨酸	苯丙氨酸+酪氨酸	亮氨酸	色氨酸
蒸腊肠	101.40	62.59	72.39	40.47	76.98	87.16	83.44
蒸火焙鱼	157.24	72.59	89.29	58.55	72.22	103.97	71.88
青椒炒油渣	115.16	45.99	64.73	41.91	65.12	63.55	78.06
新化三合汤	114.38	41.39	45.45	15.05	48.01	56.69	41.38
雪花丸子	148.42	59.80	72.55	50.24	63.78	83.86	103.63
白溪香干	118.33	62.70	65.92	60.80	109.54	108.47	81.38
武冈卤香干	92.24	60.84	70.75	50.88	76.46	98.37	87.06
红烧娃娃鱼(养殖)	131.60	60.52	77.20	50.03	60.95	86.97	91.25
合渣	132.24	54.45	71.29	61.98	80.30	93.40	113.63
香肠	70.91	33.19	39.37	23.98	23.17	41.26	86.88
蜂蛹	78.15	55.31	60.73	47.89	70.80	79.66	59.25
包谷酸	62.89	54.05	27.75	38.12	106.92	103.38	39.31

2.2.4 氨基酸比值系数法评价结果

采用氨基酸比值系数法对 12 种湖南特色菜肴的蛋白质营养价值进行综合评价，通过计算各必需氨基酸的 RAA、RCAA 和 SRCAA，进一步评估其氨基酸平衡状况。由表 5 可知，12 种湖南特色菜肴的第一限制氨基酸存在差异。其中，蒸腊肠和新化三合汤的第一限制氨基酸为异亮氨酸，其 RCAA 分别为 0.68 和 0.38；香肠中苯丙氨酸+酪氨酸的 RCAA 为 0.64，为第一限制氨基酸；而蒸火焙鱼、青椒炒油渣、雪花丸子、白溪香干、武冈卤香干、红烧娃娃鱼(养殖)、合渣及蜂蛹的第一限制氨基酸均为缬氨酸，其 RCAA 分别为 0.81、0.66、0.71、0.70、0.76、0.74、0.61 和 0.83；包谷酸的第一限制氨基酸则为苏氨酸，RCAA 为 0.42。总体来看，缬氨酸是多数菜肴的第一限制氨基酸，提示在膳食搭配中可重点关注富含缬氨酸的食物，以提高蛋白质的利用效率。12 种菜肴的 SRCAA 介于 40.46~81.90 之间，其中蒸火焙鱼的 SRCAA 最高(81.90)，蜂蛹次之(81.69)，蒸腊肠(75.61)、武冈卤香干(77.40)和红烧娃娃鱼(养殖)(75.54)的 SRCAA 均超过 75，表明这些菜肴的必需氨基酸组成与人体需求模式较为接近，蛋白质营养价值较高；而香肠(40.46)和包谷酸(43.32)的 SRCAA 值较低，其余介于 58.04~81.90 之间，提示其必需氨基酸平衡性较差，蛋白质利用率相对较低。总体而言，大部分湖南特色菜肴的 SRCAA 值超过 70，蛋白质营养价值较好，但部分菜肴存在氨基酸不平衡现象，可通过与其他富含限制氨基酸的食物搭配食用，利用蛋白质互补作用提高其营养价值。

表 5 湖南省 12 种菜肴 EAA 的 RAA、RCAA、SRCAA

Table 5 RAA, RCAA and SRCAA of EAA of 12 kinds of cuisine in Hunan Province

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	色氨酸	平均值	SRCAA
蒸腊肠	RAA	0.92	1.01	0.80	0.67	0.91	1.28	1.34	0.99	75.61
	RCAA	0.93	1.02	0.81	0.68	0.92	1.29	1.35	1.00	
蒸火焙鱼	RAA	1.14	1.57	0.93	0.97	1.08	1.20	1.15	1.15	81.90
	RCAA	0.99	1.36	0.81	0.84	0.94	1.04	1.00	1.00	
青椒炒油渣	RAA	0.83	1.15	0.59	0.69	0.66	1.09	1.25	0.89	70.31
	RCAA	0.93	1.29	0.66	0.78	0.74	1.22	1.40	1.00	
新化三合汤	RAA	0.58	1.14	0.53	0.25	0.59	0.80	0.66	0.65	58.04
	RCAA	0.89	1.75	0.81	0.38	0.91	1.23	1.02	1.00	
雪花丸子	RAA	0.93	1.48	0.77	0.83	0.87	1.06	1.66	1.09	68.25
	RCAA	0.85	1.36	0.71	0.76	0.80	0.97	1.52	1.00	
白溪香干	RAA	0.84	1.18	0.80	1.00	1.13	1.83	1.30	1.15	69.83
	RCAA	0.73	1.03	0.70	0.87	0.98	1.59	1.13	1.00	
武冈卤香干	RAA	0.90	0.92	0.78	0.84	1.03	1.27	1.39	1.02	77.40
	RCAA	0.88	0.90	0.76	0.82	1.01	1.25	1.36	1.00	

表 5(续)

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	色氨酸	平均值	SRCAA
红烧娃娃鱼(养殖)	RAA	0.98	1.32	0.77	0.83	0.91	1.02	1.46	1.04	75.54
	RCAA	0.94	1.27	0.74	0.80	0.88	0.98	1.40	1.00	
合渣	RAA	0.91	1.32	0.70	1.02	0.97	1.34	1.82	1.15	67.81
	RCAA	0.79	1.15	0.61	0.89	0.84	1.17	1.58	1.00	
香肠	RAA	0.50	0.71	0.42	0.40	0.43	0.39	1.39	0.61	40.46
	RCAA	0.82	1.16	0.69	0.66	0.70	0.64	2.28	1.00	
蜂蛹	RAA	0.77	0.78	0.71	0.79	0.83	1.18	0.95	0.86	81.69
	RCAA	0.90	0.91	0.83	0.92	0.97	1.37	1.10	1.00	
包谷酸	RAA	0.35	0.63	0.69	0.63	1.08	1.78	0.63	0.83	43.32
	RCAA	0.42	0.76	0.83	0.76	1.30	2.14	0.76	1.00	

3　讨　论

本研究系统测定了湖南省 12 种传统特色成品菜肴的蛋白质与氨基酸组成, 并对其营养价值进行了综合评价。由于 AAS 是从蛋白质营养价值角度而言进行评价, AAS 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 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, 则说明营养不足, RCAA 大于 1, 则说明营养过剩。三者的第一限制氨基酸是从不同角度而言, 因此, 用 3 种不同的评价方式, 得出来的第一限制氨基酸不同。

结果表明, 菜肴间蛋白质及氨基酸含量差异显著, 主要受原料构成影响: 以大豆制品为主要原料的武冈卤香干与白溪香干蛋白质含量较高, 而以汤品为代表的新化三合汤则相对较低。赖氨酸作为谷物膳食模式中的首要限制性氨基酸, 在本研究多数菜肴中含量丰富, 其 AAS 和 CS 均处于较高水平, 该结果与湖南畜禽肉制品的研究结论相符[8,22], 提示以动物性蛋白或大豆蛋白为主要来源的湖南地方特色食品, 可作为补充赖氨酸的有效膳食来源, 在以谷物为主食的人群中具有重要营养互补价值。由于大部分菜肴均不含蛋氨酸, 蛋氨酸是人体必需的含硫氨基酸, 必需从食物中获取, 无法自身合成, 且限值氨基酸主要为异亮氨酸、缬氨酸、苏氨酸和苯丙氨酸+酪氨酸, 因此, 在膳食中适当搭配动物性食物(如肉类、鱼类、乳制品)和部分植物性食物(如豆类、坚果、种子)以及巧克力等, 以发挥蛋白质互补作用, 提高混合膳食的整体蛋白质营养价值。基于 SRCAA 的评价结果显示, 多数菜肴的氨基酸组成较为均衡, 具备较高的营养价值。其中, 蒸火焙鱼和蜂蛹的 SRCAA 超过 80, 提示其氨基酸模式与人体需求接近, 具有较好的消化吸收与利用潜力。本研究选取市售成品菜肴为分析对象, 其评价结果较原料分析更具现实膳食指导意义。但烹饪方式可能影响氨基酸的稳定性及其生物利用率, 后续研究应关注不同加工方式对菜肴氨基酸组成及营养价值的影响机制。

4　结　论

综上所述, 本研究通过对湖南省 12 种地方特色菜肴氨基酸组成的系统测定, 并结合 AAS、CS 及 SRCAA 等多指标综合评价方法, 得出不同菜肴间蛋白质与氨基酸含量存在较大差异, 以豆制品和动物性原料为主的品种营养价值较高; 绝大多数菜肴富含赖氨酸, 具备良好的赖氨酸补充功能; 限制性氨基酸主要为蛋氨酸、异亮氨酸、缬氨酸、苏氨酸和苯丙氨酸+酪氨酸, 建议在饮食中通过合理搭配实现氨基酸互补, 提高蛋白质利用效率。多数菜肴 SRCAA 值较高, 表明其蛋白质氨基酸组成相对均衡, 属营养价值较高的食品类别。本研究为科学评价湘菜营养价值、推广湖南地方饮食文化, 以及指导居民合理膳食构成, 提供了重要的数据支持和理论依据。本研究有一定的局限性, 对于不同烹饪方式(如卤制、蒸制、炒制)对菜肴氨基酸组成、蛋白质含量的影响缺乏深入探究, 同时, 样本仅覆盖湖南省部分代表性菜肴, 未涉及不同地域做法的差异、储存条件对氨基酸的影响等, 后续均可以深入进行研究。

参考文献

[1] 陈昂昂. 促进湘菜产业发展 “做好一桌湖南菜”[N]. 湖南日报, 2022-06-26 (5).
Chen Angang. Promoting the development of Hunan cuisine industry “prepare a table of Hunan dishes” [N]. Hunan Daily, 2022-06-26 (5).

[2] 孙乾丰. 减盐减油, 湘菜创新的下一站[N]. 湖南日报, 2025-12-08 (2).
Sun Qianfeng. Reducing salt and oil, the next step for innovation in Hunan cuisine [N]. Hunan Daily, 2025-12-08 (2).

[3] 周松芳. 湘菜出湘的早期记录[J]. 书屋, 2020(6): 90–96.
Zhou Songfang. Early records of Hunan cuisine originating from Hunan

[J]. Bookstore, 2020(6): 90–96.

[4] 张雨鑫. 基于湘菜数据挖掘制备调味酱及其风味特性研究[D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2023: 1.
Zhang Yuxin. Research on the preparation of seasoning sauce and its flavor characteristics based on data mining of Hunan cuisine [D]. Changsha: Central South University of Forestry and Technology, 2023: 1.

[5] 刘涛. 2023 年度湘菜榜单发布[N]. 湖南日报, 2023-11-13 (001).
Liu Tao. Hunan cuisine rankings released in 2023 [N]. Hunan Daily, 2023-11-13 (001).

[6] 彭军炜. 湘菜主要特征的变化规律及发展思考[J]. 江苏调味副食品, 2023, 2: 39–44.
Peng Junwei. Thoughts on the change rules and development of the main characteristics of Hunan cuisine [J]. Jiangsu Seaso Non-stap Food, 2023, 2: 38–44.

[7] 王亮, 何婷. 健康湘菜, 拾级而上[N]. 湖南日报, 2025-12-10 (004).
Wang Liang, He Ting. Healthy hunan cuisine, step by step [N]. Hunan Daily, 2025-12-10 (004).

[8] 左家信, 陈东洋, 曾栋, 等. 湖南产地 9 种禽肉类及制品中氨基酸组成及营养评价[J]. 食品安全质量检测学报, 2024, 15(17): 239–245.
Zuo Jiaxin, Chen Dongyang, Zeng Dong, et al. Amino acid composition and nutritional evaluation of 9 types of poultry meat and products from Hunan production area [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2024, 15(17): 239–245.

[9] 杨丽琴, 王吉锐, 祖丽努尔•艾山, 等. 一株新疆荒漠野生食药用菌的分离鉴定与营养成分分析[J]. 食品研究与开发, 2024, 45(19): 164–169.
Yang Liqin, Wang Jirui, Zulinuer Aishan, et al. Isolation, identification and nutrient component analysis of wild medicinal and edible fungus collected from Xinjiang desert [J]. Food Research and Development, 2024, 45(19): 164–169.

[10] 倪苗, 马崇勇, 董海娟, 等. 小花棘豆苦马豆素和营养成分分析[J]. 现代畜牧科技, 2024, 52(9): 75–78.
Ni Miao, Ma Chongyong, Dong Haijuan, et al. Analysis of nutritional evaluation and swainsonine of oxytropis glabra DC. [J]. Modern Animal Husbandry Science & Technology, 2024, 52(9): 75–78.

[11] 马惠茹, 张鹏举, 于浩天, 等. 不同生长期苦豆子营养成分及不同菌种发酵效果的比较分析[J]. 中国畜牧兽医, 2024, 51(10): 4364–4372.
Ma Huiru, Zhang Pengju, Yu Haotian, et al. Comparative analysis of nutritional components of *Sophora alopecuroide* during different growth stages and the fermentation effect of different strains [J]. China Animal Husbandry & Veterinary Medicine, 2024, 51(10): 4364–4372.

[12] 邱飙, 林瑜. 养殖草鱼不同部位肌肉的营养成分分析与评价[J]. 龙岩学院学报, 2024, 42(5): 75–81, 128.
Qiu Biao, Lin Yu. An analysis and evaluation of nutritional components in muscle of different parts of cultured grass carp *Ctenopharyngodon Idella* [J]. Journal of Longyan University, 2024, 42(5): 75–81, 128.

[13] 杨健, 刘勇, 赵诚宁, 等. 鹿茸菇富硒工艺及营养成分分析[J]. 美食研究, 2024, 41(3): 45–49.
Yang Jian, Liu Yong, Zhao Chengning, et al. Selenium-enriched process and nutrient composition analysis of *Lyophyllum decastes* [J]. Journal of Researches on Dietetic Science and Culture, 2024, 41(3): 45–49.

[14] 秦搏, 朱源, 张海燕, 等. 工厂化养殖条纹锯肌肉营养成分与食用品质分析鲊[J]. 食品安全质量检测学报, 2026, 17(7): 202–210.
Qin Bo, Zhu Yuan, Zhang Haiyan, et al. Analysis of nutritional composition and edible quality of the muscle of factory-farmed Centropristis striata [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2026, 17(7): 202–210.

[15] 薛瑾, 戚繁, 张文达, 等. 不同产地桃胶中蛋白质和氨基酸的含量测定与营养价值评价[J]. 食品安全量检测学报, 2023, 14(18): 128–136.
Xue Jin, Qi Fan, Zhang Wenda, et al. Determination of protein and amino acid content and evaluation of nutritional value of peach gum from different areas [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2023, 14(18): 128–136.

[16] 王梦阁, 何业春, 李进, 等. 湖南石门县地方品种鸡肉氨基酸组成分析及蛋白质营养价值评价[J]. 食品安全量检测学报, 2024, 15(1): 264–273.
Wang Mengge, He Yechun, Li Jin, et al. Analysis of amino acid composition and evaluation of protein nutritional value of chicken of local breeds in Shimen County, Hunan Province [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2024, 15(1): 264–273.

[17] 孙国荣, 金琦琦, 周静, 等. 巴氏蘑菇蛋白质与氨基酸特征分析及营养评价[J]. 上海农业学报, 2025, 41(1): 37–42.
Sun Guorong, Jin Qiqi, Zhou Jing, et al. Analysis of protein and amino acid characteristics and nutritional evaluation of *Agaricus blazei Murrill* [J]. Acta Agriculturae Shanghai, 2025, 41(1): 37–42.

[18] 童金华, 林占熇, 林应兴. 菌草栽培平菇 2 种出菇方式的蛋白质营养评价[J]. 福建轻纺, 2023(7): 7–11, 17.
Dong Jinhua, Lin Zhanxi, Lin Yingxing. Protein nutrition evaluation of 2 mushroom growing methods in mushroom grass cultivation of *Pleurotus ostreatus* [J]. The Light & Textile Industries of Fujian, 2023(7): 7–11, 17.

[19] 孔祥河, 任广喜, 徐裕彬, 等. 基于天竺黄中 15 种蛋白质氨基酸含量分析的营养价值评价[J]. 中国中药杂志, 2024, 49(7): 1809–1817.
Kong Xianghe, Ren Guangxi, Xu Yubin, et al. Evaluation of nutritional value of *Bambusae concretio silicea* based on content of 15 amino acids [J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2024, 49(7): 1809–1817.

[20] 成春亚, 马艳珠, 张文广, 等. 中国沙棘雄花花被和花粉蛋白质营养评价[J]. 食品安全质量检测学报, 2023, 14(9): 311–318.
Cheng Chunya, Ma Yanzhu, Zhang Wenguang, et al. Protein nutrition evaluation of the tepals and pollen of *Hippophae rhamnoides* L. subsp. sinensis Rousi male flower [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2023, 14(9): 311–318.

[21] 左家信, 冯家力, 周丽平, 等. 湖南产地 4 种豆类蔬菜中氨基酸组成及营养评价[J]. 实用预防医学, 2022, 29(2): 174–178.
Zuo Jiaxin, Feng Jiali, Zhou Liping, et al. Amino acid composition and nutritional value evaluation of four kinds of legume vegetables produced in Hunan [J]. Practical Preventive Medicine, 2022, 29(2): 174–178.

[22] 左家信, 陈东洋, 王琳, 等. 湖南产地 10 种畜肉类及其制品氨基酸组成分析及营养评价[J]. 食品安全量检测学报, 2025, 16(5): 104–111.
Zuo Jiaxin, Chen Dongyang, Wang Lin, et al. Amino acid composition and nutritional evaluation of 10 kinds of livestock meats and products in Hunan Province [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2025, 16(5): 104–111.

[23] 刘振艳, 宋耀新, 刘洋, 等. 黑龙江不同产地北苍术中氨基酸的组成特

征及营养评价[J]. 食品安全量检测学报, 2023, 14(1): 304–314.
Liu Zhenyan, Song Yaoxin, Liu Yang, et al. Amino acid composition characteristics and nutritional evaluation in *Atractylodes chinensis* (DC.) Koidz. from different regions of Heilongjiang [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2023, 14(1): 304–314.

[24] 胡杨, 朱教胜, 杨强, 等. 基于热图和聚类分析新疆 7 个产地荒漠肉苁蓉中氨基酸含量及其营养价值评价[J]. 食品安全量检测学报, 2024, 15(11): 310–318.
Hu Yang, Zhu Jiaosheng, Yang Qiang, et al. Determination of amino acids content in *Cistanche deserticola* from 7 habitats of Xinjiang based on heatmap and cluster analysis and their nutrition value evaluation [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2024, 15(11): 310–318.

[25] 李静, 马玉娥, 刘敏, 等. 新疆不同区域大果沙枣果肉中氨基酸含量分析及营养价值评价[J]. 食品安全量检测学报, 2025, 16(2): 8–15.
Li Jing, Ma Yu'e, Liu Min, et al. Analysis of amino acid content and evaluation of nutritional value in pulp of *Elaeagnus angustifolia* from different regions of Xinjiang [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2025, 16(2): 8–15.

[26] 蒋莹, 舒馨平, 平小红, 等. 辽宁省日常食用的鱼类菜肴中氨基酸的含量分析及营养评价[J]. 食品安全质量检测学报, 2025, 16(4): 159–165.
Jiang Yin, Shu Xinping, Ping Xiaohong, et al. Analysis and nutritional evaluation of amino acids in fish dishes consumed daily in Liaoning Province [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2025, 16(4): 159–165.

[27] 陈玉芹, 尹红星, 王应清, 等. 辣木茶的氨基酸分析及营养价值评定[J]. 南方农业学报, 2017, 48(7): 1280–1285.
Chen Yuqin, Yin Hongxing, Wang Yingqing, et al. Amino acid components and nutritional value in *Moringa oleifera* lam. tea [J]. Journal of Southern Agriculture, 2017, 48(7): 1280–1285.

[28] World Health Organization, Food and Agriculture Organization of the United Nations, and the United Nations University. Energy and protein requirements: 4634202 [R/OL]. 1973: 111-118. https: //pubmed--ncbi--nlm--nih--gov.hn.opac.vip/4634202/.

[29] Seligson F H, Mackey L N. Variable predictions of protein quality by chemical score due to amino acid analysis and reference pattern [J]. Journal of Nutrition, 1984(114): 682–691.

[30] 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.
Zhu Shengtao, Wu Kun. Nutritional evaluation of protein-ratio coefficient of amino acid [J]. Acta Nutrimenta Sinica, 1988, 10(2): 187–190.

[31] 王晓媛, 王彦兵, 陈玉芹, 等. 6 种石斛属植物氨基酸组成及营养价值评价[J]. 天然产物研究与开发, 2019, 31: 601–607.
Wang Xiaoyuan, Wang Yanbing, Chen Yuqin, et al. Amino acid composition and nutritional value evaluation of 6 species of dendrobium [J]. Natural Product Research and Development, 2019(31): 601–607.

(责任编辑: 曹岱琳　安香玉)