

DOI: 10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.20241025005

引用格式: 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]. 食品安全质量检测学报, 2025, 16(5): 104-111.

ZUO JX, CHEN DY, WANG L, *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. (in Chinese with English abstract).

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

左家信, 陈东洋, 王琳, 伍碧珍*

(湖南省疾病预防控制中心, 长沙 410153)

摘要: **目的** 分析评价湖南产地10种畜肉类及制品中氨基酸组成及含量。**方法** 分别采用Kjeltec2300自动凯氏定氮仪和曼默博尔A300全自动氨基酸分析仪,对湖南产地10种畜肉类及制品的蛋白质和氨基酸进行测定并进行氨基酸成分分析;采用氨基酸评分法对营养价值进行评价。**结果** 除了天花菌炖肉不含脯氨酸和酸汤牛肉不含蛋氨酸外,其余畜肉类及制品均含17种氨基酸;猪干巴炒红椒中蛋白质、总氨基酸及必需氨基酸含量三者均最高,分别为19.50、15.98、5.98 g/100 g;10种畜肉类及制品中,除了手工猪血丸子的必需氨基酸中亮氨酸含量最高(1.25 g/100 g)外,其余均为赖氨酸含量最高,分别为天花菌炖肉(0.24 g/100 g)、坪上牛百叶(0.38 g/100 g)、酸肉(0.49 g/100 g)、酸汤牛肉(0.80 g/100 g)、猪心蒸肉丸(0.96 g/100 g)、大片牛肉(1.09 g/100 g)、麦酱炒大片肉(1.16 g/100 g)、炒腊肉(1.36 g/100 g)、猪干巴炒红椒(1.38 g/100 g);10种畜肉类及制品中,除了坪上牛百叶赖氨酸含量(50.67 mg/g 蛋白)外,其余赖氨酸含量均高于世界卫生组织(World Health Organization, WHO)/联合国粮农组织(Food and Agriculture Organization, FAO)模式(55 mg/g 蛋白)和卵清蛋白模式(55 mg/g 蛋白),分别为猪心蒸肉丸(73.85 mg/g 蛋白)、大片牛肉(80.15 mg/g 蛋白)、酸肉(64.47 mg/g 蛋白)、天花菌炖肉(114.29 mg/g 蛋白)、炒腊肉(87.74 mg/g 蛋白)、麦酱炒大片肉(70.73 mg/g 蛋白)、酸汤牛肉(77.67 mg/g 蛋白)、手工猪血丸子(63.19 mg/g 蛋白)、猪干巴炒红椒(70.77 mg/g 蛋白);10种畜肉类及制品的限制氨基酸为异亮氨酸或缬氨酸。**结论** 畜肉类及制品中赖氨酸含量优异,营养价值高;可以结合食用富含异亮氨酸或缬氨酸的食物,构建合理膳食,提高食用价值。

关键词: 湖南; 畜肉类及制品; 氨基酸; 营养评价

Amino acid composition and nutritional evaluation of 10 kinds of livestock meats and products in Hunan Province

ZUO Jia-Xin, CHEN Dong-Yang, WANG Lin, WU Bi-Zhen*

(Hunan Provincial Center for Disease Control and Prevention, Changsha 410153, China)

收稿日期: 2024-10-25

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: 伍碧珍(1969—),女,副主任技师,主要研究方向为食品营养。E-mail: 2643922582@qq.com

ABSTRACT: Objective To analyze and evaluate amino acid composition and content of 10 kinds of livestock meats and products in Hunan Province. **Methods** Kjeltree2300 automatic nitrogen determinator kjeldahl apparatus was used to determine the proteins in 10 kinds of livestock meats and products in Hunan Province. Amino acid composition was measured using membra Pure GmbH A300 automatic amino acid analyzer. The nutritional value of livestock meats and products was evaluated by the amino acid score method. **Results** There were 17 kinds of amino acids in livestock meats and products except stewed meat with smallpox fungus without proline and sour soup beef without methionine. The content of protein, amino acids and essential amino acids in stir fried pork jerky with red pepper were the highest, which were 19.50, 15.98, 5.98 g/100 g, respectively. The content of lysine in essential amino acids in 10 kinds of livestock meats and products was the highest, Except for leucine, which had the highest essential amino acid content (1.25 g/100 g) in handmade pig blood meatball, all others had the highest lysine content, which were stewed meat with smallpox fungus (0.24 g/100 g), Pingshang omasum (0.38 g/100 g), sour meat (0.49 g/100 g), sour soup beef (0.80 g/100 g), steamed pork balls with pork heart (0.96 g/100 g), large chunks of beef (1.09 g/100 g), stir fried large pieces of meat with wheat sauce (1.16 g/100 g), stir-fried smoked pork (1.36 g/100 g), stir fried pork jerky with red pepper (1.38 g/100 g) respectively, except the content of leucine in essential amino acids in handmade pig blood meatball was the highest (1.25 g/100 g). The content of lysine in 10 kinds of livestock meats and products except Pingshang omasum (50.67 mg/g protein), including steamed pork balls with pork heart (73.85 mg/g protein), large chunks of beef (80.15 mg/g protein), sour meat (64.47 mg/g protein), stewed meat with smallpox fungus (114.29 mg/g protein), stir-fried smoked pork (87.74 mg/g protein), stir fried large pieces of meat with wheat sauce (70.73 mg/g protein), sour soup beef (77.67 mg/g protein), handmade pig blood meatball (63.19 mg/g protein), stir fried pork jerky with red pepper (70.77 mg/g protein), were higher than the (World Health Organization) WHO/(Food and Agriculture Organization) FAO model value (55 mg/g protein) and ovalbumin pattern value (55 mg/g protein). The limited amino acid in 10 kinds of livestock meats and products was isoleucine or valine. **Conclusion** Excellent lysine content and high nutritional value in livestock meats and products; it is possible to combine the consumption of foods rich in isoleucine or valine to construct a reasonable diet and enhance their nutritional value.

KEY WORDS: Hunan; livestock meats and products; amino acid; nutritional evaluation

0 引言

自然条件优越的湖南位于长江中游, 因物产非常丰富, 让湖南人民创造出极富地方特色的湘菜^[1]。湘菜, 隶属于中国八大菜系之一。湘菜历史悠久, 现代湘菜具有酸辣香浓、熏腊味厚、质嫩色亮的典型特征^[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, 因此, 研究价值较高^[4]。湘菜产业规模在 2021 年已稳居全国餐饮菜系第二位^[5-6]; 2023 年, 湘菜的市场占有率跃居全国菜系第一^[7]。因此, 对湘菜的营养价值进行评价很有必要, 可以从氨基酸组成及营养评价反映出食物的营养价值。氨基酸是构成蛋白质的基本单元, 人体无法自主合成所有必需的氨基酸, 需要通过食物摄取。因此, 了解食物中的氨基酸种类和含量, 可以帮助人们合理调整膳食结构, 防止氨基酸缺乏或过量补充。目前, 食物营养评价可以采取营养成分分析^[8-13]、蛋白质营养价值评价^[14-19]、氨基酸营养价值评价^[20-25]等。

近年来, 湘菜大步走向世界, 被各国人民接受、喜爱^[26]。

截至目前, 鲜有学者对湘菜成品中畜肉类及制品氨基酸营养价值进行全面评价, 因此, 研究湘菜的氨基酸组成及蛋白质营养价值不仅具有科学意义, 且能够进一步提升当地湘菜的经济价值。鉴于此, 本研究对湖南产地 10 种成品畜肉类及制品中氨基酸组成及含量进行分析评价, 通过科学的数据指导合理膳食、树立湘菜品牌、推广湘菜。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

采样对象为配方标准化且点餐排名靠前的菜肴; 采样地点为娄底市、邵阳市、张家界市和湘西自治州的品牌餐厅或连锁餐厅; 10 种畜肉类及制品分别为猪心蒸肉丸、大片牛肉、酸肉、天花菌炖肉、炒腊肉、麦酱炒大片肉、坪上牛百叶、酸汤牛肉、手工猪血丸子和猪干巴炒红椒。采样方式为: 在每座城市随机选取 3 个采样点, 均涵盖 10 种畜肉类及制品, 每个采样点每类样品各采 500 g, 且每类样品一共不得低于 1.5 kg, 冷藏运输。按照相同种类混合、四分法缩分来自 12 个采样点的畜肉类及制品, 并打碎匀

浆混匀,分 3 份于 4 °C 冰箱中冷藏保存,按照每类样品每份 200 g,在 4 °C 冰箱中冷藏保存,备用。

苯酚(分析纯)、盐酸、Tris 碱(生化试剂)、乙酸(色谱纯)(国药集团化学试剂有限公司); 乙酸铵(色谱纯,上海阿拉丁生化科技股份有限公司); 甲醇(色谱纯,德国默克公司); 灰色链霉菌蛋白酶(XIV 型,活力 ≥ 3.5 U/mg,德国 Sigma 公司); 氨基酸流动相、柠檬酸钠缓冲溶液(色谱纯)、茚三酮溶液、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)(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

Waters ACQUITY™ 超高效液相色谱仪(配置荧光检测器,美国 Waters 公司); A300 全自动氨基酸分析仪(德国曼默博尔公司); Millipore 超纯水系统(美国 Millipore 公司); elma® 超声波发生器(德国 elma 公司); VORTEX-2 GENIE® 涡旋混合器(美国 Scientific Industries 公司); PXSJ-216F pH 计(上海雷磁仪器有限公司); 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); AJ100 电子天平(十万分之一)[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); Kjelttec2300 自动凯氏定氮仪(丹麦福斯公司); TC-8 脱氮仪(日本 TAITEC 公司)。

1.3 检测方法

氨基酸的样品预处理和含量测定依据 GB 5009.124—2016《食品安全国家标准 食品中氨基酸的测定》中茚三酮柱后衍生法; 色氨酸的样品预处理和含量测定依据 GB 5009.294—2023《食品安全国家标准 食品中色氨酸的测定》中酶水解-液相色谱法; 蛋白质的样品预处理和含量测定依据 GB 5009.5—2016《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》中凯氏定氮法。

1.4 营养评价方法

本研究对湖南产地 10 种畜肉类及制品的蛋白质和氨基酸的含量进行了测定,分析必需氨基酸(essential amino acid, EAA)含量,并全面评价氨基酸的营养价值。其中,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)提出的方法进行计算^[27]; 化学评分(chemical score, CS)采用 FAO 推荐的方法进行计算^[28-29]; 氨基酸比值(ratio value of amino acid, RAA)、氨基酸比值系数(reference coefficient for amino acid, RCAA)和氨基酸比值系数分(standard reference coefficient for amino acid, SRCAA)则根据朱圣陶等提出的方法进行计算^[30-31]。计算如式(1)~(6)。

$$AAS = \frac{\text{样品蛋白质中氨基酸含量(mg/g)}}{\text{WHO/FAO评分标准模式中相应必需氨基酸含量(mg/g)}} \times 100 \quad (1)$$

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

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

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

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

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

1.5 数据处理

对每个指标进行 3 次平行实验,结果以平均值 \pm 标准偏差表示。采用 Excel 2010 和 SPSS 19.0 软件对数据进行分析处理。

2 结果与分析

2.1 10 种畜肉类及制品的氨基酸组成分析

通常,氨基酸的种类及含量决定了食物蛋白质的优良程度。所测定的 17 种氨基酸中,氨基酸种类基本齐全,除了天花菌炖肉不含脯氨酸和酸汤牛肉不含蛋氨酸。猪干巴炒红椒中蛋白质和氨基酸含量最高,10 种畜肉类及制品中的蛋白质含量介于 2.10~19.50 g/100 g 之间,氨基酸总量介于 1.71~15.98 g/100 g 之间,谷氨酸含量最高,除了天花菌炖肉中排名第二为赖氨酸外,其余排名第二氨基酸均为天冬氨酸,前 2 种氨基酸在氨基酸总量中占比 25.28%~32.77%,含量前 7 的氨基酸总量分别占氨基酸总量的 62.37%~68.42%,见表 1。10 种畜肉类及制品中 EAA 含量为天花菌炖肉(0.62 g/100 g)最低,最高为猪干巴炒红椒(5.98 g/100 g),由低到高顺序依次为天花菌炖肉、坪上牛百叶、酸肉、酸汤牛肉、猪心蒸肉丸、大片牛肉、麦酱炒大片肉、手工猪血丸子、炒腊肉、猪干巴炒红椒;除手工猪血丸子(EAA 以亮氨酸含量最高,在氨基酸总量中占比 8.10%)外,EAA 以赖氨酸含量最高,在氨基酸总量中占比高达 7.72%~14.04%。

2.2 10 种畜肉类及制品的氨基酸营养价值评价

2.2.1 EAA 组成成分分析

大片牛肉、天花菌炖肉、炒腊肉、酸汤牛肉、手工猪血丸子中 EAA 含量(366.91、352.38、397.42、330.10、356.44 mg/g 蛋白质)介于 WHO/FAO 模式(325 mg/g 蛋白质)和卵清蛋白模式(425 mg/g 蛋白质)之间,其余 5 种均低于这两种模式;由于酪氨酸由苯丙氨酸转变而来,因此,将酪氨酸与苯丙氨

酸合并计算^[31]; 从单个 EAA 看, 酸肉和手工猪血丸子中苯丙氨酸+酪氨酸含量最高(69.74、84.66 mg/g 蛋白), 介于 WHO/FAO 模式(60 mg/g 蛋白)和卵清蛋白模式(100 mg/g 蛋白)之间; 坪上牛百叶中苯丙氨酸+酪氨酸含量最高(60.00 mg/g 蛋白), 低于卵清蛋白模式(100 mg/g 蛋白), 与 WHO/FAO 模式(60 mg/g 蛋白)持平; 其余畜肉类及制

品中, 赖氨酸含量介于 70.73~114.29 mg/g 蛋白之间, 为最高; 10 种畜肉类及制品中, 除了坪上牛百叶赖氨酸含量(50.67 mg/g 蛋白)低于 WHO/FAO 模式(55 mg/g 蛋白)和卵清蛋白模式(55 mg/g 蛋白), 其余畜肉类及制品中, WHO/FAO 模式(55 mg/g 蛋白)和卵清蛋白模式(55 mg/g 蛋白)均低于赖氨酸含量, 说明赖氨酸含量优异, 食用价值高。详见表 2。

表 1 湖南产地 10 种畜肉类及制品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 10 kinds of livestock meats and products in Hunan Province (g/100 g, n=3)

成分	猪心蒸肉丸	大片牛肉	酸肉	天花菌炖肉	炒腊肉	麦酱炒大片肉	坪上牛百叶	酸汤牛肉	手工猪血丸子	猪干巴炒红椒
蛋白质	13.00±0.30	13.60±0.32	7.60±0.21	2.10±0.04	15.50±0.94	16.40±0.35	7.50±0.21	10.30±0.44	16.30±0.54	19.50±0.68
赖氨酸 ^a	0.96±0.06	1.09±0.04	0.49±0.03	0.24±0.01	1.36±0.05	1.16±0.05	0.38±0.01	0.80±0.02	1.03±0.04	1.38±0.05
缬氨酸 ^a	0.47±0.02	0.60±0.02	0.27±0.01	0.06±0.002	0.73±0.02	0.65±0.02	0.19±0.01	0.36±0.01	0.77±0.02	0.71±0.02
苏氨酸 ^a	0.47±0.02	0.56±0.01	0.24±0.01	0.07±0.002	0.74±0.03	0.64±0.02	0.19±0.01	0.40±0.02	0.61±0.02	0.74±0.02
异亮氨酸 ^a	0.41±0.02	0.48±0.01	0.25±0.01	0.06±0.001	0.66±0.02	0.56±0.02	0.15±0.01	0.38±0.01	0.57±0.02	0.68±0.02
苯丙氨酸 ^a	0.46±0.02	0.47±0.02	0.22±0.01	0.05±0.001	0.56±0.03	0.51±0.02	0.18±0.01	0.30±0.01	0.83±0.03	0.55±0.02
蛋氨酸 ^a	0.06±0.001	0.03±0.001	0.08±0.002	0.02±0.001	0.25±0.01	0.04±0.001	0.08±0.002	-	0.02±0.001	0.35±0.01
亮氨酸 ^a	0.81±0.03	1.06±0.03	0.46±0.02	0.09±0.003	1.19±0.05	1.07±0.04	0.28±0.01	0.64±0.02	1.25±0.05	1.26±0.05
色氨酸 ^a	0.18±0.01	0.23±0.01	0.11±0.003	0.03±0.001	0.32±0.02	0.24±0.01	0.07±0.001	0.18±0.01	0.20±0.01	0.31±0.02
谷氨酸 ^b	1.98±0.06	1.79±0.09	1.00±0.05	0.25±0.02	2.38±0.12	2.40±0.12	0.82±0.04	1.79±0.07	2.90±0.13	2.99±0.15
丙氨酸 ^b	0.70±0.02	0.81±0.02	0.35±0.01	0.10±0.001	0.88±0.02	0.92±0.03	0.29±0.01	0.48±0.02	0.79±0.02	0.90±0.02
甘氨酸 ^b	0.66±0.02	0.99±0.02	0.33±0.01	0.10±0.002	0.70±0.02	1.08±0.04	0.45±0.01	0.42±0.02	0.78±0.03	0.75±0.03
脯氨酸 ^b	0.37±0.01	0.68±0.02	0.14±0.01	-	0.40±0.01	0.71±0.02	0.29±0.01	0.29±0.01	0.54±0.02	0.49±0.02
丝氨酸 ^b	0.39±0.01	0.48±0.01	0.28±0.01	0.11±0.01	0.61±0.02	0.62±0.02	0.21±0.01	0.37±0.01	0.82±0.02	0.57±0.02
酪氨酸 ^b	0.37±0.01	0.50±0.02	0.31±0.01	0.14±0.01	0.60±0.02	0.49±0.02	0.27±0.01	0.34±0.01	0.55±0.02	0.62±0.02
组氨酸 ^b	0.45±0.02	0.49±0.01	0.29±0.01	0.16±0.01	0.60±0.02	0.46±0.01	0.22±0.01	0.34±0.01	0.63±0.02	0.83±0.02
天冬氨酸 ^b	1.21±0.04	1.33±0.06	0.66±0.02	0.17±0.01	1.76±0.08	1.59±0.06	0.51±0.02	1.01±0.02	2.16±0.12	1.86±0.09
精氨酸 ^b	0.69±0.02	0.75±0.02	0.34±0.01	0.06±0.002	0.98±0.03	0.93±0.04	0.34±0.01	0.53±0.02	0.99±0.03	0.99±0.04
TAA	10.64±0.39	12.34±0.41	5.82±0.24	1.71±0.09	14.72±0.57	14.07±0.54	4.92±0.19	8.63±0.29	15.44±0.60	15.98±0.62
EAA	3.82±0.18	4.52±0.14	2.12±0.10	0.62±0.02	5.81±0.23	4.87±0.18	1.52±0.06	3.06±0.10	5.28±0.19	5.98±0.21
NEAA	6.82±0.21	7.82±0.27	3.70±0.14	1.09±0.06	8.91±0.34	9.20±0.36	3.40±0.13	5.57±0.19	10.16±0.41	10.00±0.41
EAA/TAA(%)	35.9	36.63	36.43	36.26	39.47	34.61	30.89	35.46	34.2	37.42
EAA/NEAA(%)	56.01	57.8	57.3	56.88	65.21	52.93	44.71	54.94	51.97	59.8

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。

表 2 湖南产地 10 种畜肉类及制品中 EAA 的组成及比较分析(mg/g 蛋白)
Table 2 Composition and comparative analysis of EAA in 10 kinds of livestock meats and products in Hunan Province (mg/g protein)

氨基酸	猪心蒸肉丸	大片牛肉	酸肉	天花菌炖肉	炒腊肉	麦酱炒大片肉	坪上牛百叶	酸汤牛肉	手工猪血丸子	猪干巴炒红椒	WHO/FAO 模式值	卵清蛋白模式值
苏氨酸	36.15	41.18	31.58	33.33	47.74	39.02	25.33	38.84	37.42	37.95	40	51
缬氨酸	36.15	44.12	35.53	28.57	47.10	39.63	25.33	34.95	47.24	36.41	50	64
异亮氨酸	31.54	35.29	32.90	28.57	42.58	34.15	20.00	36.89	34.97	34.87	40	66
苯丙氨酸+酪氨酸	63.85	71.32	69.74	90.48	74.84	60.98	60.00	62.14	84.66	60.00	60	100
亮氨酸	62.31	77.94	60.53	42.86	76.77	65.24	37.33	62.14	76.69	64.62	70	73
赖氨酸	73.85	80.15	64.47	114.29	87.74	70.73	50.67	77.67	63.19	70.77	55	55
色氨酸	13.85	16.91	14.47	14.29	20.65	14.63	9.33	17.48	12.27	15.90	10	16
总含量	317.69	366.91	309.21	352.38	397.42	324.39	228.00	330.10	356.44	320.51	325	425

2.2.2 AAS

大片牛肉、坪上牛百叶、手工猪血丸子的异亮氨酸 AAS 均低于 100, 且为其 EAA 的 AAS 中的最低值, 因此, 异亮氨酸为第一限制氨基酸; 坪上牛百叶和猪干巴炒红椒中的苯丙氨酸+酪氨酸的 AAS 为 100; 其他畜肉类及制品中缬氨酸的 AAS 为最低值, 介于 57.14~94.20 之间, 因此, 缬氨酸为第一限制氨基酸; 猪心蒸肉丸、酸肉、天花菌炖肉、麦酱炒大片肉和酸汤牛肉中的苯丙氨酸+酪氨酸、色氨酸、赖氨酸, 炒腊肉中的苏氨酸、苯丙氨酸+酪氨酸、异亮氨酸、赖氨酸、亮氨酸、色氨酸, 大片牛肉中的苯丙氨酸+酪氨酸、苏氨酸、亮氨酸、赖氨酸、色氨酸, 手工猪血丸子中的亮氨酸、赖氨酸、苯丙氨酸+酪氨酸、色氨酸, 猪干巴炒红椒中的色氨酸和赖氨酸的 AAS 均大于 100, 说明这几种氨基酸模式最优, 有利于人体的吸收和利用。详见表 3。

2.2.3 CS

由表 4 可知, 除了酸汤牛肉外, 其他畜肉类及制品中异亮氨酸的 CS(介于 30.30~64.52 之间)为最低, 因此, 异亮

氨酸为第一限制氨基酸; 而酸汤牛肉中缬氨酸的 CS 最低, 仅为 54.61, 因此, 第一限制氨基酸为缬氨酸。

2.2.4 氨基酸比值系数法评价结果

由表 5 可知, 大片牛肉中缬氨酸和异亮氨酸的 RCAA(均为 0.75)最小, 因此, 缬氨酸和异亮氨酸为大片牛肉中的第一限制; 坪上牛百叶和手工猪血丸子中异亮氨酸的 RCAA(分别为 0.69 和 0.80)最小, 因此, 异亮氨酸为其第一限制氨基酸; 而猪心蒸肉丸、酸肉、天花菌炖肉、炒腊肉、麦酱炒大片肉、酸汤牛肉、猪干巴炒红椒中缬氨酸的 RCAA(分别为 0.71、0.72、0.51、0.72、0.75、0.64、0.70)最低, 因此第一限制氨基酸均为缬氨酸。10 种畜肉类及制品的 SRCAA 分别为 73.95、74.57、73.01、48.28、70.45、76.86、69.00、67.48、82.49 和 72.35, 其中, 天花菌炖肉的 SRCAA (48.28)最低, 略低于 50, 坪上牛百叶和酸汤牛肉的 SRCAA (69.00、67.48)略低于 70, 其余均超过 70, 蛋白质营养价值较高, 因为此类畜肉类成品菜中蛋白质 EAA 组成与 FAO/WHO 规定的人体蛋白需求类似^[32]。

表 3 湖南产地 10 种畜肉类及制品 AAS
Table 3 AAS of 10 kinds of livestock meats and products in Hunan Province

氨基酸	猪心蒸肉丸	大片牛肉	酸肉	天花菌炖肉	炒腊肉	麦酱炒大片肉	坪上牛百叶	酸汤牛肉	手工猪血丸子	猪干巴炒红椒
苏氨酸	90.38	102.95	78.95	83.32	119.35	97.55	63.32	97.10	93.55	94.88
缬氨酸	72.30	88.24	71.06	57.14	94.20	79.26	50.66	69.90	94.48	72.82
异亮氨酸	78.85	88.22	82.25	71.42	106.45	85.38	50.00	92.22	87.42	87.18
苯丙氨酸+酪氨酸	106.42	118.87	116.23	150.80	124.73	101.63	100.00	103.57	141.10	100.00
亮氨酸	89.01	111.34	86.47	61.23	109.67	93.20	53.33	88.77	109.56	92.31
赖氨酸	134.27	145.73	117.22	207.80	159.53	128.60	92.13	141.22	114.89	128.67
色氨酸	138.50	169.10	144.70	142.90	206.50	146.30	93.30	174.80	122.70	159.00

表 4 湖南产地 10 种畜肉类及制品 CS
Table 4 CS of 10 kinds of livestock meats and products in Hunan Province

氨基酸	猪心蒸肉丸	大片牛肉	酸肉	天花菌炖肉	炒腊肉	麦酱炒大片肉	坪上牛百叶	酸汤牛肉	手工猪血丸子	猪干巴炒红椒
苏氨酸	70.88	80.75	61.92	65.35	93.61	76.51	49.67	76.16	73.37	74.41
缬氨酸	56.48	68.94	55.52	44.64	73.59	61.92	39.58	54.61	73.81	56.89
异亮氨酸	47.79	53.47	49.85	43.29	64.52	51.74	30.30	55.89	52.98	52.83
苯丙氨酸+酪氨酸	63.85	71.32	69.74	90.48	74.84	60.98	60.00	62.14	84.66	60.00
亮氨酸	85.36	106.77	82.92	58.71	105.16	89.37	51.14	85.12	105.05	88.52
赖氨酸	134.27	145.73	117.22	207.80	159.53	128.60	92.13	141.22	114.89	128.67
色氨酸	86.56	105.69	90.44	89.31	129.06	91.44	58.31	109.25	76.69	99.38

表 5 湖南产地 10 种畜肉类及制品 EAA 的 RAA、RCAA 和 SRCAA
Table 5 RAA, RCAA and SRCAA of EAA of 10 kinds of livestock meats and products 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
猪心蒸肉丸	RAA	0.90	1.34	0.72	0.79	0.89	1.06	1.38	1.01	73.95
	RCAA	0.89	1.33	0.71	0.78	0.88	1.05	1.37	1.00	
大片牛肉	RAA	1.03	1.46	0.88	0.88	1.11	1.19	1.69	1.18	74.57
	RCAA	0.87	1.24	0.75	0.75	0.94	1.01	1.43	1.00	
酸肉	RAA	0.79	1.17	0.71	0.82	0.86	1.16	1.45	0.99	73.01
	RCAA	0.80	1.18	0.72	0.83	0.87	1.17	1.46	1.00	
天花菌炖肉	RAA	0.83	2.08	0.57	0.71	0.61	1.51	1.43	1.11	48.28
	RCAA	0.75	1.87	0.51	0.64	0.55	1.36	1.29	1.00	
炒腊肉	RAA	1.19	1.60	0.94	1.06	1.10	1.25	2.06	1.31	70.45
	RCAA	0.91	1.22	0.72	0.81	0.84	0.95	1.57	1.00	
麦酱炒大片肉	RAA	0.98	1.29	0.79	0.85	0.93	1.02	1.46	1.05	76.86
	RCAA	0.93	1.23	0.75	0.81	0.89	0.97	1.39	1.00	
坪上牛百叶	RAA	0.63	0.92	0.51	0.50	0.53	1.00	0.93	0.72	69.00
	RCAA	0.88	1.28	0.71	0.69	0.74	1.39	1.29	1.00	
酸汤牛肉	RAA	0.97	1.41	0.70	0.92	0.89	1.04	1.75	1.10	67.48
	RCAA	0.88	1.28	0.64	0.84	0.81	0.95	1.59	1.00	
手工猪血丸子	RAA	0.94	1.15	0.94	0.87	1.10	1.41	1.23	1.09	82.49
	RCAA	0.86	1.06	0.86	0.80	1.01	1.29	1.13	1.00	
猪干巴炒红椒	RAA	0.95	1.29	0.73	0.87	0.92	1.00	1.59	1.05	72.35
	RCAA	0.90	1.23	0.70	0.83	0.88	0.95	1.51	1.00	

3 结论与讨论

本研究对湖南产地 10 种畜肉类及制品的氨基酸组成使用多种方法从不同的角度进行营养评价, 包括与人体需要最接近的卵清蛋白中的氨基酸模式、能否被人体吸收和蛋白质营养价值 3 个方面, 得到不同的第一限制氨基酸^[33]。

湖南产地 10 种畜肉类及制品除了天花菌炖肉和酸汤牛肉外, 其余均含 17 种氨基酸, 因为天花菌炖肉不含脯氨酸、酸汤牛肉不含蛋氨酸; 猪干巴炒红椒中, 氨基酸含量、蛋白质含量和 EAA 含量均居榜首; 10 种畜肉类及制品中谷氨酸含量最高, 除了天花菌炖肉中排名第二为赖氨酸外, 其余排名第二氨基酸均为天冬氨酸, 前 2 种氨基酸在氨基酸总量中占比 25.28%~32.77%; 除了手工猪血丸子中赖氨酸为排名第二的 EAA 外, 其余 9 种含量最高的 EAA 为赖氨酸, 研究表明, 赖氨酸不仅具有积极的营养学意义, 包括增强机体免疫力、抗病毒、促进人体生长发育、缓解焦虑情绪和促进脂肪氧化等, 也能与一些营养素协同作用, 将各种营养素的生理功能更好地发挥出来^[34-37], 同时, 由于人体不能产生赖氨酸, 必须从食物中获取^[38], 因此, 该研究能够为合理利用畜肉类及制品的赖氨酸提供数据支撑和科学依据。同时, 在 10 种畜肉类及制品中, 除了坪上牛

百叶的赖氨酸含量略低于 WHO/FAO 模式和卵清蛋白模式外, 其余 9 种赖氨酸含量均高于 WHO/FAO 模式和卵清蛋白模式, 说明赖氨酸含量优异, 具有较高的食用价值。10 种畜肉类及制品的限制氨基酸为异亮氨酸或缬氨酸, 通过与蛋类、大豆及制品、牛奶及奶制品、花生、肉类、核桃、谷物、香菇等富含异亮氨酸或缬氨酸的食物结合食用, 可以提高食物的营养价值和利用率, 提高其食用价值, 利用了蛋白质的互补作用, 具有一定的食用指导意义^[39]。

综上所述, 本研究对成品菜肴的氨基酸组成及营养进行评价, 与原型食物相比, 其营养价值评价更具有现实指导意义, 可为饮食搭配提供科学帮助。本研究没有对原型食物的氨基酸进行测定, 也没有将原型食物和成品菜肴的氨基酸进行比较, 缺乏食物经过烹饪以后氨基酸的变化趋势等数据; 后期研究可以从这个角度出发, 研究烹饪方式对氨基酸组分及含量的影响, 从而评估其对营养价值的影响。

参考文献

- [1] 邓资湘. 湘菜工业化现状及对策研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2015.
DENG ZX. Current situation and countermeasures of Hunan vegetable industrialization [D]. Changsha: Hunan Agricultural University, 2015.
- [2] 湖南省质量监督局, 湖南省食品质量监督检验研究所. 中国湘菜标

- 准[M]. 湖南: 湖南科学技术出版社, 2013.
- Hunan Provincial Quality Supervision Bureau, Hunan Institute of Food Quality Supervision and Inspection. Chinese Hunan cuisine standard [M]. Hunan: Hunan Science and Technology Press, 2013.
- [3] 周松芳. 湘菜出湘的早期记录[J]. 书屋, 2020(6): 90–96.
- ZHOU SF. 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.
- ZHANG YX. 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.
- [5] 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 JW. Thoughts on the change rules and development of the main characteristics of Hunan cuisine [J]. Jiangsu Seaso Non-stap Food, 2023, 2: 38–44.
- [6] 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).
- [7] 刘涛. 2023年度湘菜榜单发布[N]. 湖南日报, 2023-11-13(001).
- LIU T. Hunan cuisine rankings released in 2023 [N]. Hunan Daily, 2023-11-13(001).
- [8] 杨丽琴, 王吉锐, 祖丽努尔·艾山, 等. 一株新疆荒漠野生食药两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 LQ, WANG JR, ZULINUER AIS, *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.
- [9] 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 HR, ZHANG PJ, YU HT, *et al.* Comparative analysis of nutritional components of *Sophora alopecuroides* during different growth stages and the fermentation effect of different strains [J]. China Animal Husbandry & Veterinary Medicine, 2024, 51(10): 4364–4372.
- [10] 邱颀, 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 B, LIN Y. 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.
- [11] 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 J, LIU Y, ZHAO CN, *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.
- [12] 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 M, MA CY, DONG HJ, *et al.* Analysis of nutritional evaluation and swainsonine of *Oxytropis glabra* DC. [J]. Modern Animal Husbandry Science & Technology, 2024, 52(9): 75–78.
- [13] 张雪媛, 彭翔宇, 蔡艾辰, 等. 不同产地印度块菌中营养成分分析[J]. 食品研究与开发, 2024, 45(18): 204–209.
- ZHANG XY, PENG XY, CAI AIC, *et al.* Nutritional components of tuber indicum from different areas [J]. Food Research and Development, 2024, 45(18): 204–209.
- [14] 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]. 食品安全质量检测学报, 2023, 14(18): 128–136.
- XUE J, QI F, ZHANG WD, *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.
- [15] 谢唯, 欧娜, 李志鹏, 等. 桑枝栽培榆黄蘑子实体的氨基酸组成分析及蛋白质营养价值评价[J]. 中国食用菌, 2024, 43(3): 56–62.
- XIE W, OU N, LI ZP, *et al.* Amino acid composition analysis and protein nutritional value evaluation of the *Pleurotus citrinopileatus* fruit bodies cultivated by *Morus alba* branches [J]. Edible Fungi of China, 2024, 43(3): 56–62.
- [16] 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 XH, REN GX, XU YB, *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.
- [17] 童金华, 林占焯, 林应兴. 菌草栽培平菇2种出菇方式的蛋白质营养价值评价[J]. 福建轻纺, 2023(7): 7–11, 17.
- DONG JH, LIN ZX, LIN YX. 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.
- [18] 成春亚, 马艳珠, 张文广, 等. 中国沙棘雄花被和花粉蛋白质营养价值评价[J]. 食品安全质量检测学报, 2023, 14(9): 311–318.
- CHENG CY, MA YZ, ZHANG WG, *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.
- [19] 邓文亚, 徐婧婷, 郭顺堂, 等. 大麻仁蛋白与大豆蛋白的营养评价及比较[J]. 食品工业科技, 2021, 42(23): 273–279.
- DENG WY, XU JT, GUO ST, *et al.* Comparative Study on Nutritional evaluation of hemp seed protein and soybean protein [J]. Science and Technology of Food Industry, 2021, 42(23): 273–279.
- [20] 孙宇昊, 王珍珍, 戴静, 等. 三叶木通果发酵过程中氨基酸组成及营养价值评价[J]. 食品研究与开发, 2024, 45(20): 172–182.
- SUN YH, WANG ZZ, DAI J, *et al.* Evaluation of amino acid composition and nutritional value of *Akebia trifoliata* fruits during fermentation [J]. Food Research and Development, 2024, 45(20): 172–182.
- [21] 李晖, 吴西梅, 邵义娟. 广东省代表性水产品氨基酸成分分析与营养价值评价[J]. 食品安全质量检测学报, 2024, 15(11): 254–261.
- LI H, WU XM, SHAO YJ. Analysis of amino acid composition and nutritional value evaluation of aquatic products in Guangdong Province [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2024, 15(11): 254–261.
- [22] 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]. 食品安全质量检测学报, 2024, 15(11): 312–318.
- HU Y, ZHU JS, YANG Q, *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): 312–318.

- [23] 沈冰, 易志, 钟璇, 等. 不同果酒的氨基酸营养价值对比评价[J]. 中国酿造, 2024, 43(4): 211–215.
SHEN B, YI Z, ZHONG X, *et al.* Comparative evaluation of amino acid nutritional value of different fruit wines [J]. China Brewing, 2024, 43(4): 211–215.
- [24] 李东梅, 张思维, 孙建云, 等. 不同产地金耳中氨基酸含量分析及营养价值评价[J]. 食品安全质量检测学报, 2024, 15(1): 237–244.
LI DM, ZHANG SW, SUN JY, *et al.* Content analysis and nutritional value evaluation of amino acid in *Tremella aurantialba* from different origins [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2024, 15(1): 237–244.
- [25] 靳玉龙. 西藏不同品种青稞的氨基酸组成及营养价值评价[J]. 粮食与油脂, 2023, 36(12): 125–129.
JIN YL. Amino acid composition and nutritional value evaluation of different varieties of highland barley in Tibet [J]. Cereals & Oils, 2023, 36(12): 125–129.
- [26] 周帙恒, 周侗. 马六甲海峡掀起湘菜“旋风”[N]. 湖南日报, 2024-9-28(006).
ZHOU ZH, ZHOU T. The strait of Malacca has stirred up a “whirlwind” of Hunan cuisine [N]. Hunan Daily, 2024-9-28(006).
- [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 YQ, YIN HX, WANG YQ, *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 requirement [R]. Geneva: World Health Organization, 1973.
- [29] SELIGSON FH, MACKKEY LN. 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 ST, WU K. 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 XY, WANG YB, CHEN YQ, *et al.* Amino acid composition and nutritional value evaluation of 6 species of dendrobium [J]. Natural Product Research and Development, 2019, 31: 601–607.
- [32] 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]. 食品安全质量检测学报, 2024, 15(1): 264–273.
WANG MG, HE YC, LI J, *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.
- [33] 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价值评价[J]. 实用预防医学, 2022, 29(2): 174–178.
ZUO JX, FENG JL, ZHOU LP, *et al.* Amino acid composition and nutritional value evaluation of 4 kinds of legume vegetables produced in Hunan [J]. Practical Preventive Medicine, 2022, 29(2): 174–178.
- [34] 刘婷婷, 邢青斌, 程家丽, 等. 青稞中氨基酸含量的测定分析及评价[J]. 卫生研究, 2019, 48(2): 284–288.
LIU TT, XING QB, CHENG JL, *et al.* Determination of amino acids in hulless barley [J]. Journal of Hygiene Research, 2019, 48(2): 284–288.
- [35] OLDE DSW, BLAAUW I, DEUTZ NE, *et al.* Effects *in vivo* of decreased plasma and intracellular muscle glutamine concentration on whole-body and hindquarter protein kinetics in rats [J]. Clinical Science, 1999, 96(6): 639–646.
- [36] TOMONORI SATO, YOSHIKI ITO, TAKASHI NAGASAWA. Regulation of skeletal muscle protein degradation and synthesis by oral administration of lysine in rats [J]. Journal of Nutritional Science & Vitaminology, 2013, 59(5): 412–419.
- [37] CERRATE S, VIGNALE SK, EKMAJ R, *et al.* Effect of dietary nutrients on ileal endogenous losses of threonine, cysteine, methionine, lysine, leucine and protein in broiler chicks [J]. Animal, 2017, 12(4): 684–691.
- [38] KOWALSKI S, MIKULEC A, MICKOWSKA B, *et al.* Nutritional properties and amino acid profile of buckwheat bread [J]. Journal of Food Science and Technology, 2022, 59(8): 3020–3030.
- [39] 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价值评价[J]. 食品安全质量检测学报, 2024, 15(17): 239–245.
ZUO JX, CHEN DY, ZENG D, *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.

(责任编辑: 于梦娇 韩晓红)