

# 野生金乌贼成体肌肉的营养成分分析及评价

刘长琳, 阮飞腾, 秦 搏, 陈四清, 赵法箴, 刘春胜

(中国水产科学研究院 黄海水产研究所, 山东 青岛 266071)

**摘要:** 为丰富金乌贼(*Sepia esculenta*)的生化信息和充分了解其营养价值, 作者采用生化方法测定了野生金乌贼成体肌肉的营养成分, 并对其营养品质进行了分析与评价。结果显示: 金乌贼肌肉中水分、粗蛋白、粗脂肪和粗灰分的含量占鲜样质量的比例分别为 71.10%、22.02%、0.75%和 2.17%。肌肉中主要含有 17 种氨基酸, 氨基酸总量占干样质量的 64.75%, 其中必需氨基酸总量为 24.44%, 占氨基酸总量的 37.75%, 与非必需氨基酸总量的比值为 75.15%, 符合 FAO/WHO 的理想模式; 干样中呈味氨基酸的总量为 25.34%, 占氨基酸总量的 39.14%; 必需氨基酸平均得分为 102.86, 组成相对均衡, 必需氨基酸指数 EAAI 为 85.43, 可做为人体理想的蛋白质来源。在脂肪酸组成方面, 饱和脂肪酸(SFA)、单不饱和脂肪酸(MUFA)、多不饱和脂肪酸(PUFA)的含量分别占脂肪酸总量的 33.46%、8.64%、49.83%, 其中 EPA 和 DHA 共占 PUFA 的 84.35%, 脂肪质量较高。此外野生金乌贼肌肉中矿物元素种类及含量较为丰富。分析认为, 金乌贼蛋白质含量高、必需氨基酸组成均衡、脂肪质量较好并富含矿物元素, 具有较好的食用价值和保健作用。本研究评估了金乌贼的开发利用价值, 同时为其配合饲料研发提供了重要参考。

**关键词:** 野生金乌贼(*Sepia esculenta*); 营养成分; 营养评价

中图分类号: S965 文献标识码: A 文章编号: 1000-3096(2016)08-0042-07

doi: 10.11759/hyxx20141223002

金乌贼(*Sepia esculenta*)俗称乌鱼、乌子、墨鱼、针墨鱼, 隶属于软体动物门(Mollusa)、头足纲(Cephalopoda)、乌贼目(Sepioidea)、乌贼科(Sepiidae)、乌贼属(*Sepia*), 广泛分布于俄罗斯远东海、日本沿海、朝鲜西海岸和南海岸以及中国沿海<sup>[1]</sup>, 其墨囊和内骨骼(海螵蛸)药用价值较高, 具有抗癌、止血等功效<sup>[2]</sup>, 并且还具有肉质鲜美、营养丰富、生活史短、生长快等特点, 是一种增养殖前景广阔的海水经济种类。目前在金乌贼形态学<sup>[3]</sup>、繁育生物学<sup>[4-5]</sup>、增养殖学<sup>[6-7]</sup>等方面已见研究报道。

在乌贼科种类营养成分研究方面, 宋超霞等<sup>[8]</sup>分析和评价了野生与养殖曼氏无针乌贼(*Sepiella maindroni*)营养成分、陈道海等<sup>[9]</sup>和 Amonratt 等<sup>[10]</sup>分析了野生与养殖虎斑乌贼(*Sepia pharaonis*)肌肉营养成分、蒋霞敏等<sup>[11]</sup>分析评价了拟目乌贼(*Sepia lycidas*)胴体肌肉、腕、卵巢、缠卵腺等组织的营养成分、樊甄姣等<sup>[12]</sup>分析评价了野生金乌贼幼体的蛋白质和脂肪酸成分, 但对野生金乌贼成体营养成分的研究未见报道。本研究对野生金乌贼成体的肌肉营养成分进行了测定, 并对其品质进行了分析评价, 以期丰富金乌贼的生化信息和充分了解其营养价值,

同时为其推广养殖提供理论支持。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

金乌贼样品于 2014 年 6 月在青岛黄岛海域(120°20'~120°38'E、35°74'~35°92'N)采用地笼网捕捞获得, 雌雄个体各 3 只, 均处于产卵盛期, 平均体质量为 780.6 g±22.4 g, 平均胴长为 20.6 cm±2.2 cm, 活体塑料袋充氧运输至实验室。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 样品处理

解剖取其外套膜肌肉, 捣碎。一部分置于 55℃ 恒温箱烘干至恒质量, 另一部分冷冻干燥, 密封干

收稿日期: 2014-12-23; 修回日期: 2015-04-12

基金项目: 国家科技支撑计划资助项目(2011BAD13B08); 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金资助项目(20603022013021)

[Foundation: National Key Technology Support Program, No.2011BAD13B08; the Special Funds for the Basic R&D Program in the Central Non-Profit Research Institutes, No. 20603022013021]

作者简介: 刘长琳(1978-), 男, 山东临沂人, 博士研究生, 副研究员, 主要从事金乌贼苗种繁育及增养殖技术研究, E-mail: liuchl@ysfri.ac.cn; 陈四清, 通信作者, E-mail: chensq@ysfri.ac.cn

干燥保存备用。

### 1.2.2 营养成分测定

一般营养成分测定: 水分测定为 105℃ 烘干恒质量法(GB5009.3-85); 粗蛋白的测定为凯氏定氮法(GB/T5009.5-1985); 粗脂肪测定为索氏脂肪抽提法(GB/T5009.6-1985), 采用丹麦福斯公司 ST310 脂肪测定仪测定; 粗灰分测定为箱式电阻炉 550℃ 灼烧法(GB/T 5009.4-1985)。

氨基酸含量测定: 样品经 6 mol/L HCl 水解, 充氮气后封管, 置于 110℃ 烘箱水解 24 h, 减压蒸干后定容, 应用异硫氰酸苯酯柱前衍生法, 采用 Agilent1100 液相色谱仪测定氨基酸含量。

脂肪酸含量测定: 采用安捷伦 6890N/ 5973 气质联用仪测定。

矿质元素测定: 依据 GB/T5009-2003, 采用 Thermo Fisher Scientific ICP 等离子发射光谱仪测定常量及微量元素的含量, 其中气化元素硒(Se)采用北京海光仪器公司 AFS-9900 全自动四通道氢化物原子荧光光度计测定。

### 1.2.3 能量含量的计算方法

参照 Brett<sup>[13]</sup>提出的换算因子, 蛋白质、脂肪、总糖的比能值分别为 23.64、39.54、17.15 kJ/g。按  $Q(\text{kJ/g}) = \omega_1 \times 23.64 + \omega_2 \times 39.54 + \omega_3 \times 17.15$  公式计算肌肉的能量含量, 式中  $Q$  为肌肉能量含量值,  $\omega_1$  为粗蛋白百分含量,  $\omega_2$  为粗脂肪百分含量,  $\omega_3$  为总糖百分含量<sup>[14]</sup>。

### 1.2.4 营养评价

根据 1973 年联合国粮农组织/世界卫生组织(FAO/WHO)建议的氨基酸评分标准模式<sup>[15]</sup>和全鸡蛋蛋白质的氨基酸模式分别按以下公式计算氨基酸评分(AAS)、化学评分(CS)<sup>[16]</sup>、必需氨基酸指数(EAAI)<sup>[17]</sup>:

$$AAS = \frac{aa}{AA(\text{FAO/WHO})} \times 100$$

$$CS = \frac{aa}{AA(\text{Egg})} \times 100$$

$$EAAI = \sqrt[n]{\frac{100A}{AE} \times \frac{100B}{BE} \times \frac{100C}{CE} \times \dots \times \frac{100H}{HE}}$$

式中,  $aa$  为试验样品氨基酸含量(mg/g);  $AA(\text{FAO/WHO})$  为 FAO/WHO 评分标准模式中同种氨基酸含量(mg/g);  $AA(\text{Egg})$  为全鸡蛋蛋白质中同种氨基酸含量(mg/g);  $n$  为比较的必需氨基酸个数;  $A, B, C, \dots, H$  为样品肌肉蛋白质的必需氨基酸含量(% , 干质量);  $AE, BE, CE, \dots, HE$  为全鸡蛋蛋白质的必需氨基酸含量(% , 干质量)。

### 1.2.5 数据处理与分析

试验结果借助 Excel 2010 和 SPSS 16.0 软件进行数据整理及生物学统计, 描述性统计值使用平均值±标准差(mean±SD)表示。

## 2 结果与讨论

### 2.1 基本营养成分

由表 1 可知, 金乌贼成体肌肉鲜样中水分、粗蛋白、粗脂肪、粗灰分、总糖含量分别为 71.10%、22.02%、0.75%、2.17%、3.97%, 干样中粗蛋白、粗脂肪和粗灰分的含量分别为 76.18%、2.58%和 7.52%, 其中水分、粗脂肪和粗灰分等成分含量低于幼体时期, 而粗蛋白含量明显高于幼体时期的 13.37%<sup>[12]</sup>。与其他种类相比较, 金乌贼成体的水分含量最低, 与拟目乌贼<sup>[11]</sup>肌肉水分含量接近; 粗蛋白含量远高于其他头足类, 也高于杂色鲍(*Haliotis diversicolor*)<sup>[18]</sup>和扇贝(*Crassostrea farreri*)<sup>[18]</sup>等海产经济贝类; 粗脂肪含量与表中两种贝类相近, 并在头足类中处于中间水平; 粗灰分含量仅低于曼氏无针乌贼<sup>[19]</sup>和杂色鲍(*Haliotis diversicolor*)<sup>[18]</sup>, 总糖含量仅低于拟目乌贼<sup>[11]</sup>

表 1 野生金乌贼成体肌肉与其他种类主要营养成分含量的比较

Tab. 1 The main nutrient contents in the muscle of wild adult *Sepia esculenta* and some other species

| 种类                                              | 水分(%)      | 粗蛋白(%)            | 粗脂肪(%)          | 粗灰分(%)          | 总糖(%)     | 能量含量(kJ/g) |
|-------------------------------------------------|------------|-------------------|-----------------|-----------------|-----------|------------|
| 金乌贼                                             | 71.10±0.42 | 22.02(76.18±1.23) | 0.75(2.58±0.57) | 2.17(7.52±0.67) | 3.97±0.46 | 6.18±0.53  |
| 拟目乌贼 <sup>[11]</sup>                            | 73.99      | 14.80             | 0.17            | 1.78            | 9.26      | 5.14       |
| 曼氏无针乌贼 <sup>[19]</sup>                          | 77.74      | 13.56             | 1.16            | 2.90            | 4.64      | 4.16       |
| 短蛸 <sup>[20]</sup> ( <i>Octopus ocellatus</i> ) | 81.7       | 14.8              | 1.00            | 1.1             | 1.44      | 4.15       |
| 长蛸 <sup>[14]</sup> ( <i>Octopus minor</i> )     | 79.30      | 14.85             | 0.41            | 1.94            | 3.50      | 4.27       |
| 弯斑蛸 <sup>[21]</sup> ( <i>Octopus dollfusi</i> ) | 81.0       | 15.0              | 1.0             | 1.1             | 1.44      | 4.27       |
| 扇贝 <sup>[18]</sup>                              | 84.2       | 11.1              | 0.6             | 1.5             | 2.6       | 2.51       |
| 杂色鲍 <sup>[18]</sup>                             | 77.5       | 12.6              | 0.8             | 2.5             | 6.6       | 3.51       |

注: 括号内数据为干质量; 总糖=100%-(粗蛋白+粗脂肪+灰分+水分)%<sup>[14]</sup>

和曼氏无针乌贼<sup>[19]</sup>和杂色鲍<sup>[18]</sup>；在能量含量方面，野生金乌贼成体含有的能量最高，且显著高于杂色鲍<sup>[18]</sup>和扇贝<sup>[18]</sup>。因此综合分析认为，野生金乌贼成体胴体肌肉具有高蛋白、低脂肪和高能量的特点。

2.2 氨基酸含量及营养评价

2.2.1 氨基酸组成

如表 2 所示，金乌贼成体肌肉干样的氨基酸检测分析结果显示，共检测出 17 种氨基酸，其中含 7 种人体必需氨基酸(EAA)、2 种半必需氨基酸(HEAA)和 8 种非必需氨基酸(NEAA)。金乌贼肌肉氨基酸总量(TAA)占干样质量的 64.75%，高于拟目乌贼<sup>[11]</sup>和曼氏无针乌贼<sup>[19]</sup>，但低于短蛸<sup>[20]</sup>、长蛸<sup>[14]</sup>及弯斑蛸<sup>[21]</sup>，其中谷氨酸的含量最高，占干样的比重为 11.30%；天门冬氨酸、亮氨酸、赖氨酸、精氨酸也具有较高的含量，占干样的比重均超过 5.00%；胱氨酸在干样中的含量最低，仅为 1.31%。谷氨酸在脑组织生化代谢过程中扮演着重要角色，并在肌肉、肝脏和大脑等

组织中发挥解毒作用<sup>[22]</sup>；天门冬氨酸具有增强机体抵抗力、保护心肌等作用<sup>[23]</sup>；亮氨酸可以氧化供能、调节机体免疫和蛋白质代谢，具有重要的营养生理作用<sup>[24]</sup>；赖氨酸能够增进食欲，促进幼儿生长发育，而精氨酸在机体免疫方面具有重要的作用<sup>[12, 14]</sup>。因此，从营养学方面验证了金乌贼具有一定的营养和保健作用。

食物蛋白质营养价值主要取决于必需氨基酸的种类、数量和组成比例<sup>[14]</sup>。金乌贼肌肉中必需氨基酸含量为 24.44%，占氨基酸总量的 37.75%，与野生拟目乌贼<sup>[11]</sup>和长蛸<sup>[14]</sup>胴体肌肉中的 EAA/TAA 比值相当；必需氨基酸含量与非必需氨基酸含量的比值为 73.15%。根据 FAO/WHO 的标准模式，理想的蛋白质中的氨基酸组成为 EAA 占 TAA 的百分比在 40%左右，EAA/NEAA 的百分比在 60%以上，则金乌贼肌肉氨基酸组成符合标准模式，是质量较好的蛋白质。

表 2 野生金乌贼成体肌肉氨基酸组成及含量

Tab. 2 Composition and contents of amino acids in the muscle of wild adult *Sepia esculenta*

| 氨基酸        | 干样中含量(%)   | 粗蛋白中含量(%)  | 氨基酸            | 干样中含量(%)   | 粗蛋白中含量(%) |
|------------|------------|------------|----------------|------------|-----------|
| 苏氨酸(Thr)   | 2.46±0.12  | 3.23±0.13  | 丙氨酸(Ala)       | 3.90±0.21  | 5.12±0.14 |
| 蛋氨酸(Met)   | 2.00±0.10  | 2.63±0.17  | 胱氨酸(Cys)       | 1.31±0.02  | 1.72±0.01 |
| 缬氨酸(Val*)  | 2.88±0.14  | 3.78±0.12  | 酪氨酸(Tyr#)      | 1.62±0.07  | 2.13±0.01 |
| 异亮氨酸(Ile*) | 3.40±0.17  | 4.46±0.13  | 脯氨酸(Pro)       | 2.79±0.16  | 3.66±0.10 |
| 亮氨酸(Leu*)  | 5.72±0.12  | 7.51±0.06  | 必需氨基酸总量(EAA)   | 24.44±1.27 |           |
| 苯丙氨酸(Phe#) | 2.63±0.09  | 3.45±0.13  | 半必需氨基酸总量(HEAA) | 6.90±0.11  |           |
| 赖氨酸(Lys)   | 5.35±0.05  | 7.02±0.11  | 非必需氨基酸总量(NEAA) | 33.41±0.17 |           |
| 精氨酸(Arg)   | 5.02±0.14  | 6.59±0.13  | 氨基酸总量(TAA)     | 64.75±0.32 |           |
| 组氨酸(His)   | 1.88±0.02  | 2.47±0.04  | 支链氨基酸总量(BCAA)  | 12.00±0.23 |           |
| 丝氨酸(Ser)   | 2.35±0.01  | 3.08±0.01  | 芳香族氨基酸总量(AAA)  | 4.25±0.03  |           |
| 天门冬氨酸(Asp) | 6.73±0.13  | 8.83±0.09  | BCAA/AAA       | 2.82       |           |
| 谷氨酸(Glu)   | 11.30±0.21 | 14.83±0.17 | EAA/TAA        | 37.75      |           |
| 甘氨酸(Gly)   | 3.41±0.08  | 4.48±0.13  | EAA/NEAA       | 73.15      |           |

注：\*支链氨基酸；#芳香族氨基酸

2.2.2 呈味氨基酸分析

呈味氨基酸的组成和含量决定了样品的鲜美程度，其中谷氨酸和天门冬氨酸是呈鲜味的特征氨基酸，甘氨酸和丙氨酸是呈甘味的特征氨基酸<sup>[17]</sup>。如表 3 所示，野生金乌贼肌肉干样中呈味氨基酸总量在 3 种头足类中含量最高，占氨基酸总量的百分比为 39.14%。因此，金乌贼具有海产头足类浓郁的鲜美品质。4 种呈味氨基酸含量的高低顺序依次为谷氨酸>天门冬氨酸>丙氨酸>甘氨酸，其中呈鲜味的谷氨酸

和天门冬氨酸含量分别为 11.30%和 6.73%，高于曼氏无针乌贼<sup>[19]</sup>和长蛸<sup>[14]</sup>。

2.2.3 必需氨基酸营养评价

氨基酸评分是目前评价食物营养价值广泛使用的一种方法。由表 4 可知，金乌贼成体必需氨基酸总含量为 359.28 mg/g，高于 FAO 模式，从氨基酸得分(AAS)可知，异亮氨酸、亮氨酸、赖氨酸、胱氨酸+蛋氨酸的得分均高于 100 分，其中赖氨酸的得分最高为 127.69 分，各必需氨基酸的平均得分为 102.86

分,说明金乌贼蛋白质必需氨基酸组成相对均衡,符合 FAO/WHO 提出的人体必需氨基酸均衡模式。

表 3 野生金乌贼成体肌肉中呈味氨基酸的含量及与其他种类的比较(% ,干质量)

Tab. 3 Composition of flavor amino acids in the muscle of wild adult *Sepia esculenta* and some other species (% dry weight)

| 种类                     | 天门冬氨酸     | 谷氨酸        | 甘氨酸       | 丙氨酸       | 呈味氨基酸总量 FAA | FAA/TAA |
|------------------------|-----------|------------|-----------|-----------|-------------|---------|
| 金乌贼                    | 6.73±0.13 | 11.30±0.21 | 3.41±0.08 | 3.90±0.21 | 25.34±0.15  | 39.14   |
| 曼氏无针乌贼 <sup>[19]</sup> | 6.37      | 9.21       | 4.04      | 3.41      | 23.03       | 39.28   |
| 长蛸 <sup>[14]</sup>     | 5.88      | 9.96       | 3.73      | 4.60      | 24.17       | 37.08   |

由 AAS 可知,野生金乌贼肌肉中缬氨酸和苏氨酸得分最低,分别为 75.61 分和 80.73 分,因此第一限制性氨基酸为缬氨酸,第二限制性氨基酸为苏氨酸,其第一限制性氨基酸与魁蚶<sup>[16]</sup>和曼氏无针乌贼<sup>[19]</sup>相同。根据 CS 可知,酪氨酸+苯丙氨酸的化学分最低,为 64.87 分,其次为缬氨酸,化学分为 70.01 分,两者分别为第一限制性氨基酸和第二限制性氨基酸。因此,金乌贼成体肌肉的限制性氨基酸为缬氨酸、苏氨酸和酪氨酸+苯丙氨酸。

必需氨基酸指数(EAAI)是一种评价蛋白质营养价值的常用指标,能够反映出蛋白源的必需氨基酸组成与标准蛋白必需氨基酸组成的拟合程度<sup>[9]</sup>。由表 4 知,野生金乌贼成体肌肉的 EAAI 为 85.43,与野生曼氏无针乌贼(85.6)<sup>[19]</sup>相近,高于拟目乌贼(71.73)<sup>[11]</sup>和野生虎斑乌贼(69.29)<sup>[9]</sup>。Oser<sup>[25]</sup>认为 EAAI 为 80 左右时蛋白质营养价值良好,因此金乌贼成体肌肉蛋白质具有较好的营养价值,可以作为人体理想的蛋白质来源。

表 4 野生金乌贼成体肌肉蛋白质必需氨基酸组成评价

Tab. 4 Evaluation of essential amino acid composition in the muscle protein of wild adult *Sepia esculenta*

| 项目               | 必需氨基酸种类 |        |        |         |       |       |          | 总含量    |
|------------------|---------|--------|--------|---------|-------|-------|----------|--------|
|                  | 异亮氨酸    | 亮氨酸    | 赖氨酸    | 胱氨酸+蛋氨酸 | 苏氨酸   | 缬氨酸   | 酪氨酸+苯丙氨酸 |        |
| 野生金乌贼成体中含量(mg/g) | 44.63   | 75.09  | 70.23  | 43.45   | 32.29 | 37.81 | 55.79    | 359.28 |
| FAO 模式中含量(mg/g)  | 40      | 70     | 55     | 35      | 40    | 50    | 60       | 350    |
| 氨基酸得分(AAS)       | 111.58  | 107.26 | 127.69 | 124.14  | 80.73 | 75.61 | 92.98    |        |
| 鸡蛋蛋白质中含量(mg/g)   | 49      | 66     | 66     | 47      | 45    | 54    | 86       | 413    |
| 化学分 (CS)         | 91.08   | 113.77 | 106.41 | 92.45   | 71.76 | 70.01 | 64.87    |        |
| 必需氨基酸指数(EAAI)    |         |        |        |         |       |       |          | 85.43  |

## 2.3 脂肪酸组成与含量

如表 5 所示,野生金乌贼肌肉中主要检测出 16 种脂肪酸,其中包括 5 种饱和脂肪酸(SFA)、4 种单不饱和脂肪酸(MUFA)和 7 种多不饱和脂肪酸(PUFA),其中 PUFA 含量>SFA 含量>MUFA 含量,与拟目乌贼<sup>[11]</sup>和虎斑乌贼<sup>[9]</sup>相同。在 SFA 中,C16:0(棕榈酸)的含量占脂肪酸总含量的比例最高(21.25%),C18:0(硬脂酸)的含量次之(9.39%),两者构成了饱和脂肪酸的主要成分,这与拟目乌贼<sup>[11]</sup>、曼氏无针乌贼<sup>[19]</sup>、短蛸<sup>[20]</sup>和虎斑乌贼<sup>[9]</sup>相一致;在金乌贼成体肌肉脂肪酸中,PUFA 含量最高,达到脂肪酸总量的 49.83%,远高于 SFA 和 MUFA 的含量,以 C22:6(DHA)、C20:5(EPA)和 C20:4(花生四烯酸)为主要成分,含量分别占脂肪酸总量的 30.33%、11.70%和 4.61%;此外金乌贼肌肉中 EPA+DHA 含量为 42.03%,占 PUFA 的 84.35%,

显著高于长蛸(31.23%)<sup>[14]</sup>和虎斑乌贼(37.13%)<sup>[9]</sup>。研究表明,SFA 中的棕榈酸(C16:0)和硬脂酸(C18:0)能够抑制肿瘤的生长,并且膳食中高比例的 PUFA 可以降低动脉粥样硬化的发病几率<sup>[20]</sup>,因此野生金乌贼肌肉的脂肪质量较高,具有一定得保健作用,适宜作为获取不饱和脂肪酸的潜在来源。

## 2.4 常量及微量元素含量

如表 6 所示,在野生金乌贼成体肌肉常量元素中,海产品较常见的 K 元素的含量最高,其次是 P、Na、Mg、Ca,其中 Na、Mg 和 Ca 的含量均低于长蛸<sup>[14]</sup>,而除 P 元素外的其他 4 种常量元素含量均高于拟目乌贼<sup>[11]</sup>;在微量元素中,Zn 的含量最高,其次是 Fe、Cu、Mn、Se,不同头足类元素含量差异可能与生活的海区环境和摄食的饵料不同所致。常量元素是构成有机体的必备元素,Ca、P 是骨骼、牙齿、

表 5 野生金乌贼成体肌肉中脂肪酸的组成及含量比较(干质量)

Tab. 5 Composition and contents of fatty acids in the muscle of wild adult *Sepia esculenta* (dry weight)

| 脂肪酸          | 含量(%)      |
|--------------|------------|
| C14 : 0      | 1.47±0.09  |
| C16 : 0      | 21.25±0.76 |
| C18 : 0      | 9.39±0.07  |
| C20 : 0      | 0.88±0.05  |
| C22 : 0      | 0.47±0.01  |
| ΣSFA         | 33.46±0.72 |
| C16 : 1      | 0.93±0.01  |
| C18 : 1      | 3.51±0.03  |
| C20 : 1      | 3.94±0.41  |
| C22 : 1ω9    | 0.26±0.01  |
| ΣMUFA        | 8.64±0.39  |
| C18 : 2ω6    | 0.50±0.01  |
| C18 : 3ω6    | 0.43±0.01  |
| C20 : 2ω6    | 0.55±0.02  |
| C20 : 4ω6    | 4.61±0.23  |
| C20 : 5ω3EPA | 11.70±0.24 |
| C22 : 5ω3    | 1.71±0.13  |
| C22 : 6ω3DHA | 30.33±1.27 |
| ΣPUFA        | 49.83±1.21 |
| EPA+DHA      | 42.03±0.98 |
| UFA / SFA    | 1.75       |

软体组织结构的重要成分,在人体生长发育过程中具有重要的作用<sup>[26]</sup>; Mg 能够增强记忆力,并具有保护心脏的作用<sup>[21]</sup>。微量元素中的 Zn 被称为“生命之花”,对有机体的性发育与功能、生殖细胞的形成有重要作用<sup>[27]</sup>; Fe 是血红细胞的重要成分,与造血功能密切相关; Se 元素参与有机体的物质能量代谢,是人体生长发育的必需元素。由此可见,野生金乌贼成体肌肉具有较高的保健作用。

### 3 小结

金乌贼肌肉具有高蛋白、低脂肪、高能量的特点。在氨基酸含量方面,氨基酸总量达到干样品质量的 64.75%,其中必需氨基酸占氨基酸总量的 37.75%,与非必需氨基酸含量的比值为 73.15%,符合 FAO/WHO 标准模式; 呈味氨基酸含量占氨基酸总量的 39.14%,具有海产头足类浓郁的鲜美品质; 各必需氨基酸的平均得分为 102.86,必需氨基酸指数为 85.43,氨基酸组成合理,是一种富含优质蛋白质的头足类。在脂肪酸组成方面,多不饱和脂肪酸(PUFA)含量丰富,其中 DHA+EPA 含量高达 42.03%,占 PUFA 的 84.35%,显著高于其他头足类,具有较高的食用和保健价值。此外,金乌贼肌肉常量及微量元素种类和含量较为丰富,有益于人体健康。综上,金乌贼营养丰富,是一种具有较高开发利用价值的优良海产种类。

表 6 野生金乌贼成体肌肉与其他种类的常量及微量元素含量比较(mg/kg, 干质量)

Tab. 6 Contents of major and trace elements in the muscle of wild adult *Sepia esculenta* and some other species (mg/kg dry weight)

| 种类                   | 元素含量(mg/kg, 干质量) |                 |                |               |              |                |                |                |                |                |
|----------------------|------------------|-----------------|----------------|---------------|--------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|                      | K                | P               | Na             | Mg            | Ca           | Zn             | Fe             | Cu             | Se             | Mn             |
| 金乌贼                  | 18480±<br>43.21  | 10490±<br>20.19 | 7763±<br>67.36 | 2019±<br>7.19 | 609.2±<br>11 | 79.44±<br>9.47 | 33.07±<br>7.00 | 11.08±<br>2.13 | 0.126±<br>0.03 | 0.722±<br>0.07 |
| 拟目乌贼 <sup>[11]</sup> | 2353.79          | —               | 461.82         | 129.16        | 196.56       | 53.14          | 50.42          | —              | —              | —              |
| 长蛸 <sup>[14]</sup>   | 12535.8          | —               | 15517.9        | 2230.2        | 932.8        | 111.36         | 13.16          | 11.86          | —              | 3.76           |

#### 参考文献:

- [1] 赵厚钧, 魏邦福, 胡明, 等. 金乌贼受精卵孵化及不同材料附着基附卵效果的初步研究[J]. 海洋湖沼通报, 2004, 26(3): 64-68.  
Zhao Houjun, Wei Bangfu, Hu Ming, et al. Preliminary study on *Sepia esculenta* oosperm hatching and effects of different adhesion substrates[J]. Transactions of Oceanology and Limnology, 2004, 26(3): 64-68.
- [2] 吕国敏, 吴进锋, 陈利雄. 我国头足类增殖研究现状及开发前景[J]. 南方水产, 2007, 3(3): 61-66.  
Lv Guomin, Wu Jinfeng, Chen Lixiong. Research

achievements and exploitation prospect of Cephalopoda aquaculture in China[J]. South China Fisheries Science, 2007, 3(3): 61-66.

- [3] 韦柳枝, 高天翔, 韩志强, 等. 日照近海金乌贼生物学的初步研究[J]. 中国海洋大学学报, 2005, 35(6): 923-928.  
Wei Liuzhi, Gao Tianxiang, Han Zhiqiang, et al. Biology of *Sepia esculenta* from the Coastal Waters of Rizhao[J]. Periodical of Ocean University of China, 2005, 35(6): 923-928.
- [4] 陈四清, 刘长琳, 庄志猛, 等. 金乌贼胚胎发育的研究[J]. 渔业科学进展, 2010, 31(5): 1-7.

- Chen Siqing, Liu Changlin, Zhuang Zhimeng, et al. Observation on the embryonic development of *Sepia esculenta* Hoyle[J]. Progress in Fishery Sciences, 2010, 31(5): 1-7.
- [5] 刘长琳, 庄志猛, 陈四清, 等. 金乌贼(*Sepia esculenta* Hoyle)亲体驯化与繁殖特性研究[J]. 渔业现代化, 2009, 36(2): 34-37.
- Liu Changlin, Zhuang Zhimeng, Chen Siqing, et al. Study on the broodstock domestication and propagation characteristics of *Sepia esculenta* Hoyle[J]. Fishery Modernization, 2009, 36(2): 34-37.
- [6] Fujita T, Hirayama I, Matsuoka T. Spawning behavior and selection of spawning substrate by cuttlefish *Sepia esculenta*[J]. Nippon Suisan Gakkaishi, 1997, 63: 145-151.
- [7] 周维武, 郑小东. 金乌贼产卵规律及室内人工孵化培育方法的探究与研究[J]. 渔业现代化, 2006, 3: 32-33.
- Zhou Weiwu, Zheng Xiaodong. Explores and studys on the spawning pattern and indoor artificial incubation cultivation method of *Sepia esculenta* Hoyle[J]. Fishery Modernization, 2006, 3: 32-33.
- [8] 宋超霞, 王春琳, 邵银文, 等. 野生与养殖曼氏无针乌贼肌肉的营养成分和评价[J]. 营养学报, 2009, 31(3): 301-303.
- Song Chaoxia, Wang Chunlin, Shao Yinwen, et al. The nutritional compositions and evaluation of muscle between wild and cultivated *Sepiella maindroni*[J]. Acta Nutrimenta Sinica, 2009, 31(3): 301-303.
- [9] 陈道海, 文菁, 赵玉燕, 等. 野生与人工养殖的虎斑乌贼肌肉营养成分比较[J]. 食品科学, 2014, 35(7): 217-222.
- Chen Daohai, Wen Jing, Zhao Yuyan, et al. Analysis of nutritional components in muscle of cultivated and wild *Sepia pharaonis*[J]. Food Science, 2014, 35(7): 217-222.
- [10] Amonratt T, Soottawat B, Wonnop V. Chemical composition and thermal property of cuttlefish(*Sepia pharaonis*) muscle[J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2006, 19: 127-133.
- [11] 蒋霞敏, 彭瑞冰, 罗江, 等. 野生拟目乌贼不同组织营养成分分析及评价[J]. 动物营养学报, 2012, 24(12): 2393-2401.
- Jiang Xiamin, Peng Ruibing, Luo Jiang, et al. Analysis and evaluation of nutrient composition in different tissues of wild *Sepia lycidas*[J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2012, 24(12): 2393-2401.
- [12] 樊甄姣, 吕振明, 吴常文, 等. 野生金乌贼蛋白质和脂肪酸成分分析与评价[J]. 营养学报, 2009, 31(5): 513-515.
- Fan Zhenjiao, Lv Zhenming, Wu Changwen, et al. Analysis and evaluation of protein and fatty acids in wild *Sepia esculenta*[J]. Acta Nutrimenta Sinica, 2009, 31(5): 513-515.
- [13] Brett J R. Physiological energetics, Fish physiology[M]. New York: Academic Press, 1979: 8.
- [14] 钱耀森, 郑小东, 王培亮, 等. 天鹅湖长蛸营养成分的分析及评价[J]. 海洋科学, 2010, 34(12): 14-18.
- Qian Yaosen, Zheng Xiaodong, Wang Peiliang, et al. Analysis and evaluation of nutritive composition of *Octopus minor* in Lake Swan[J]. Marine Sciences, 2010, 34(12): 14-18.
- [15] FAO/WHO and Hoc Expert Committee. FAO Nutrition Meeting Report Series: Energy and protein requirements[M]. Switzerland: World Health Organization, 1973, 52: 40-73.
- [16] 王颖, 吴志宏, 李红艳, 等. 青岛魁蚶软体部营养成分分析及评价[J]. 渔业科学进展, 2013, 34(1): 133-139.
- Wang Ying, Wu Zhihong, Li Hongyan, et al. Analysis and evaluation of nutrition composition in soft tissue of *Anadara uropygimelana*[J]. Progress in Fishery Sciences, 2013, 34(1): 133-139.
- [17] 董辉, 王颀, 刘亚琼, 等. 杂色蛤软体部营养成分分析及评价[J]. 水产学报, 2011, 35(2): 276-282.
- Dong Hui, Wang Jie, Liu Yaqiong, et al. Analysis and evaluation of nutritive composition in edible part of *Ruditapes variegata*[J]. Journal of Fisheries of China, 2011, 35(2): 276-282.
- [18] 杨月欣, 王光亚, 潘兴昌. 中国食物成分表[M]. 北京: 北京大学医学出版社, 2002: 151-155.
- Yang Yuexin, Wang Guangya, Pan Xingchang. China food composition[M]. Beijing: Peking University Medical Press, 2002: 151-155.
- [19] 常抗美, 吴常文, 吕振明, 等. 曼氏无针乌贼(*Sepiella maindroni*)野生及养殖群体的生化特征及其形成机制的研究[J]. 海洋与湖沼, 2008, 39(2): 145-151.
- Chang Kangmei, Wu Changwen, Lv Zhenming, et al. Comparison in biochemistry of tissues of wild and cultured *Sepiella maindroni*[J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 2008, 39(2): 145-151.
- [20] 张伟伟, 雷晓凌. 短蛸不同组织的营养成分分析与评价[J]. 湛江海洋大学学报, 2006, 26(4): 91-93.
- Zhang Weiwei, Lei Xiaoling. Analysis and evaluation of nutrient composition in different tissues of *Octopus ochellatus*[J]. Journal of Zhanjiang Ocean University, 2006, 26(4): 91-93.
- [21] 雷晓凌, 赵树进, 杨志娟, 等. 南海弯斑蛸营养成分的分析与评价[J]. 营养学报, 2006, 28(1): 58-61.
- Lei Xiaoling, Zhao Shujin, Yang Zhijuan, et al. The nutrient analysis and evaluation of *Octopus dollfusi* in south China sea[J]. Acta Nutrimenta Sinica, 2006, 28(1): 58-61.
- [22] Eriksson L S, Wharen J. Branched-chain amino acids:

- What are they good for? [J]. *Clinical Nutrition*, 1982, 1: 127-135.
- [23] 祝忠群. 谷氨酸、天门冬氨酸与心肌保护[J]. *心血管病学进展*, 1997, 18: 47.  
Zhu Zhongqun. Glutamic acid, aspartic acid and myocardial protection[J]. *Advances in Cardiovascular Diseases*, 1997, 18: 47.
- [24] 毛湘冰, 黄志清, 陈小玲, 等. 亮氨酸调节哺乳动物骨骼肌蛋白质合成的研究进展[J]. *动物营养学报*, 2011, 23(5): 709-714.  
Mao Xiangbing, Huang Zhiqing, Chen Xiaoling, et al. Leucine: Regulation on protein synthesis of skeletal muscles in mammal[J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2011, 23(5): 709-714.
- [25] Oser B L. Method for integrating essential amino acid content in the nutritional evaluation of protein[J]. *Journal of the American Dietetic Association*, 1951, 27(5): 396-402.
- [26] 张永普. 小荚蛭肉营养成分的分析及评价[J]. *动物学杂志*, 2002, 37(6): 63-66.  
Zhang Yongpu. Analysis and evaluation of the nutritive composition of muscle of *Siliqua minimai*[J]. *Chinese Journal of Zoology*, 2002, 37(6): 63-66.
- [27] Irmisch G, Schlaefke D, Richter J. Zinc and fatty acids in depression[J]. *Neurochemical Research*, 2010, 35(9): 1376-1383.

## Analysis and evaluation of nutritive composition of the muscle of wild adult *Sepia esculenta*

LIU Chang-lin, RUAN Fei-teng, QIN Bo, CHEN Si-qing, ZHAO Fa-zhen, LIU Chun-sheng

(Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fisheries Sciences, Qingdao 266071, China)

**Received:** Dec. 23, 2014

**Key words:** wild adult *Sepia esculenta*; nutritive composition; nutritive value

**Abstract:** In this research, to understand the nutritive composition of the muscle of wild adult *Sepia esculenta*, general nutrients, amino acids, fatty acids, as well as major and trace elements were measured and analyzed using biochemical methods. The contents of moisture, crude protein, crude ash, and crude lipid in fresh samples of *S. esculenta* were found to be 71.10%, 22.02%, 2.17% and 0.75%, respectively. Seventeen different amino acids were identified in the muscle. In dry samples, the total amino acid content was 64.75%, of which the essential amino acid and flavor amino acid contents were 24.44% and 25.34%, respectively, accounting for 39.14% of the total amino acids. The essential amino acid index was 85.43; therefore, *S. esculenta* can serve as an ideal protein source for humans. The contents of saturated fatty acids, monounsaturated fatty acids, and polyunsaturated fatty acids (PUFA), from the total fatty acids were 33.46%, 8.64% and 49.83%, respectively. Of these, the contents of EPA + DHA accounted for 84.35% of PUFA, which was high. In addition, the muscle contained abundant mineral elements. In conclusion, *S. esculenta* is high in protein content and rich in mineral elements, with essential amino acids composition in equilibrium and good quality of lipids; thus, *S. esculenta* has high nutritional and health-promoting value. This study is not only of importance to evaluate the development and utilization of *S. esculenta* but also an important reference for research and development in feed compounds for *S. esculenta*.

(本文编辑: 谭雪静)