

DOI: 10.19663/j.issn2095-9869.20220303002

http://www.yykxjz.cn/

贾俊琦, 张悦, 廖月琴, 林慧敏. 2种乌贼肌肉的营养成分及品质评价. 渔业科学进展, 2023, 44(4): 234-243
JIA J Q, ZHANG Y, LIAO Y Q, LIN H M. Evaluation of the nutritional composition and quality of muscles in two cuttlefish species. Progress in Fishery Sciences, 2023, 44(4): 234-243

2种乌贼肌肉的营养成分及品质评价*

贾俊琦 张悦 廖月琴 林慧敏^①

(浙江海洋大学食品与药学学院 浙江 舟山 316022)

摘要 为了探究2种乌贼肌肉营养成分及品质差异,评价其营养价值,本研究对浙江舟山地区捕获量较大的日本无针乌贼(*Sepiella japonica*)和金乌贼(*Sepia esculenta*)的常规营养成分、质构特性、蒸煮损失率、甲醛含量、氨基酸和脂肪酸组成及矿物元素进行了分析。结果显示,日本无针乌贼肌肉的粗蛋白、粗脂肪含量与金乌贼相比无显著差异($P>0.05$),水分含量显著低于金乌贼($P<0.05$),粗灰分含量显著高于金乌贼($P<0.05$)。金乌贼肌肉的硬度、弹性、胶粘性、咀嚼性和内聚性均显著高于日本无针乌贼($P<0.05$)。2种乌贼肌肉的甲醛含量分别为0.56和1.18 mg/kg,均符合国家卫生标准。氨基酸测定结果显示,2种乌贼的肌肉中均检测出17种水解氨基酸,第一限制性氨基酸均为色氨酸;其中,必需氨基酸占总氨基酸的比例均高于31%,金乌贼与FAO/WHO推荐的理想蛋白模式更接近,其必需氨基酸指数(EAAI)高达82.99。脂肪酸测定结果显示,2种乌贼的肌肉中均检测出20种脂肪酸;其中,C20:5n-3(EPA)和C22:6n-3(DHA)的总含量均高于40%,且日本无针乌贼显著高于金乌贼($P<0.05$)。2种乌贼肌肉富含人体所需的多种无机元素,常量元素中K和P含量最高,微量元素中Zn和I含量最高。研究表明,2种乌贼肌肉的营养成分及品质存在一定的差异,但均属于优质的低脂蛋白,具有较好的开发利用价值。本研究为开发利用东海头足类海洋资源提供了一定的依据和参考。

关键词 乌贼;营养成分;氨基酸;脂肪酸;品质评价

中图分类号 S963 **文献标识码** A **文章编号** 2095-9869(2023)04-0234-10

乌贼(Cuttlefish)又名墨鱼、乌鱼,属软体动物门(Mollusca),分布于我国渤海、黄海、东海、南海、日本列岛以及菲律宾群岛海域,产量极高,被列为“四大海产”之一(张涛等,2018)。根据中国渔业统计年鉴(2021),2020年中国头足类的捕捞量达56.49万t。研究发现,头足类动物具有繁殖能力强、能快速适应新的栖息地并适应气候变化的特点。与许多鱼类种群相比,所有头足类动物种群产量逐年升高,且在过去60年中一直呈上升趋势(Doubleday *et al*, 2016)。日本无针乌贼(*Sepiella japonica*)别名曼氏无针乌贼

(*Sepiella maindroni*)(王鹏帅等,2016),又称墨鱼、血墨,广泛分布在我国浙江和福建沿海,为东海“四大海产”之一,其肉质鲜美、营养价值高,深受广大消费者喜爱。金乌贼(*Sepia esculenta*)又称乌鱼、针墨鱼,广泛分布于日本沿海、南海及东海海域,具有生长发育快、生命周期短等优点,曾为中国四大海洋渔业的捕捞对象之一,是我国北方渔业中重要的经济头足类(郝振林等,2007)。

迄今为止,许多学者对乌贼肌肉的营养成分进行了研究(宋超霞等,2009;蒋霞敏等,2012;曹子豪等,

* 国家重点研发计划资助(2020YFD0900900)和浙江省“万人计划”科技创新人才培养项目(2020R52027)共同资助。
贾俊琦, E-mail: jjajunqi233@163.com

^① 通信作者: 林慧敏, 教授, E-mail: linhuixiaomin@126.com

收稿日期: 2022-03-03, 收修改稿日期: 2022-04-05

2015; 刘长琳等, 2016), 但对乌贼的品质差异鲜见报道。同时, 人们生活水平日渐提高, 对食物的要求也越来越高, 红肉中含有大量的饱和脂肪酸、胆固醇和脂肪等, 长期食用会增加患心血管疾病和结肠癌的风险(McAfee *et al*, 2010)。头足类属于低脂、高蛋白的水产品, 比禽畜肉更易消化吸收, 广受消费者欢迎。因此, 消费者对其肌肉品质的要求越来越高, 乌贼肌肉的品质成为影响其产品价值的重要因素。本研究主要对浙江舟山捕获量较高的 2 种乌贼肌肉的营养成分及品质评价比较, 分析 2 种乌贼的营养价值, 为消费者提供一定的参考, 同时, 为 2 种乌贼开发低脂产品和精深利用加工提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

实验所用日本无针乌贼和金乌贼均购于浙江舟山国际水产城, 其中, 日本无针乌贼样品平均胴体长为(104.00±0.24) mm, 平均体重为(134.00±0.11) g; 金乌贼样品平均胴体长为(162.00±0.17) mm, 平均体重为(356.00±0.09) g。每个样本设 3 个平行测定, 取其胴体肌肉-80 °C 冷冻后备用。

1.2 实验方法

1.2.1 常规营养成分的测定 水分含量的测定采用 105 °C 烘干恒重法(GB/T 5009.3-2016); 粗蛋白含量采用凯氏定氮仪(KDN816, 上海)参照(GB 5009.5-2016)《食品中蛋白质的测定》(第一法)凯氏定氮法测定; 粗脂肪含量采用粗脂肪测定仪(SZF-06A, 上海)参照(GB/T 5009.6-2016)酸水解法测定; 粗灰分含量的测定采用链式电阻炉 550 °C 灼烧法(GB/T 5009.4-2016)。

1.2.2 质构特性测定 取乌贼胴体中心部位的肌肉, 切成 1 cm×1 cm×1 cm 的方块, 采用质构分析(texture profile analysis, TPA)模型进行测定: 测探头型号为 P/50, 测试前、中、后速度均为 60 mm/min, 压缩程度为 30%, 压缩时间间隔 5 s, 测定乌贼肌肉的硬度、弹性、胶粘性、咀嚼性和内聚性。

1.2.3 蒸煮损失测定 将乌贼肌肉切成 1 cm×1 cm×1 cm 的方块, 吸干表面水分称重, 然后放入聚乙烯塑料袋, 浸入 85 °C 水浴中 20 min, 取出冷却 5 min, 吸干表面水分称重, 蒸煮损失率按以下公式计算:

$$\text{蒸煮损失率}/\% = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100 \quad (1)$$

式中, m_1 为蒸煮前乌贼肌肉质量(g); m_2 为蒸煮后乌贼肌肉质量(g)。

1.2.4 甲醛(FA)的测定 FA 的测定参考(SC/T 3025-2006)《水产品中甲醛的测定》中高效液相色谱法。取 5 g 样品, 加水混匀, 置于 40 °C 恒温振荡箱中 2 h, 取出后冷却至室温过滤, 取 5 mL 滤液加入 2,4-二硝基苯肼(2 mL)、乙腈(3 mL), 混匀后 60 °C 加热 20 min, 冷却后过滤, 利用液相色谱仪(Agilent 1260, 上海)测定。

1.2.5 氨基酸测定 氨基酸含量参考 GB/T 5009.124-2016《食品中氨基酸的测定》, 取适量样品加入 6 mol/L HCl 溶液(10 mL), 冷冻后 5 min 后充氮封管, 置于 110 °C 的烘箱中水解 22 h, 减压蒸干, 采用 1.0 mL pH=2.2 的柠檬酸钠缓冲溶液复溶, 利用氨基酸自动分析仪(LA8080, 上海)测定; 另一样品用 4.3 mol/L NaOH 水解, 利用液相色谱仪(Agilent 1260, 上海)测定。

1.2.6 牛磺酸测定方法 取 5 g 样品加入 40 mL 温水, 超声提取 10 min, 加入 500 μL $K_4Fe(CN)_6$ 、 $(CH_3COO)_2Zn$ 溶液, 混匀定容至 50 mL, 离心 10 min (6 000 r/min), 取 1 mL 上清液, 加入 1 mL Na_2CO_3 缓冲液、1 mL 丹磺酰氯溶液, 充分混合, 避光衍生 2 h (1 h 后需摇晃 1 次), 加入 0.1 mL 盐酸甲胺溶液涡旋混匀, 终止反应, 避光静置至沉淀完全。取上清液过滤膜(0.45 μm)后上机待测。

1.2.7 脂肪酸测定 脂肪酸含量采用(GB 5009.168-2016)酸水解法提取脂肪, 经过皂化甲酯化利用气相色谱仪(Agilent 7890A, 上海)测定。

1.2.8 矿物质元素测定 矿物质元素参考 GB 5009.268-2016, 称取适量样品置于消解罐中, 加入 5 mL 硝酸, 静置直至反应结束, 密封后放入微波消解仪, 冷却后在通风橱中用超纯水润洗, 转移至容量瓶中, 使用超纯水稀释定容, 微量元素使用电感耦合等离子体质谱仪(Thermo iCAPQ, ICP-MS, 美国)测定, 常量元素使用电感耦合等离子光谱仪(Perkin Elmer optima 8000, ICP-OES, 美国)测定。

1.2.9 营养价值评定方法 根据 1973 年联合国粮农组织(FAO)/世界卫生组织(WHO)提出的理想蛋白质必需氨基酸评分模式和全鸡蛋蛋白质氨基酸模式, 按公式(2)~(4)分别计算出各乌贼的化学评分(CS)、氨基酸评分(AAS)和必需氨基酸指数(EAAI)。参照周建设等(2020)的方法, 根据公式(5)~(6)计算动脉粥样硬化指数(IA)和血栓形成指数(IT), 评估 2 种乌贼肌肉脂肪酸对人类心血管疾病发生的影响程度。

氨基酸评价模式如下:

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

$$AAS = \frac{aa}{AA \left(\frac{FAO}{WHO} \right)} \quad (3)$$

$$EAAI = \sqrt[n]{\frac{100A}{A_E} \times \frac{100B}{B_E} \times \frac{100C}{C_E} \times \dots \times \frac{100H}{H_E}} \quad (4)$$

式中, aa 为乌贼氨基酸含量(mg/g), AA(Egg)为全鸡蛋蛋白质中同种氨基酸含量(mg/g), AA(FAO/WHO)为评分标准模式中同种氨基酸含量(mg/g), n 为比较的必需氨基酸个数, A 、 B 、 C 、 \dots 、 H 为乌贼肌肉每克蛋白质各种必需氨基酸含量(mg/g), A_E 、 B_E 、 C_E 、 \dots 、 H_E 为全鸡蛋蛋白质的必需氨基酸含量(mg/g)。

脂肪酸评价模型如下:

$$IA = (C12:0 + 4 \times C14:0 + C16:0) / (\Sigma MUFA + \Sigma PUFA) \quad (5)$$

$$IT = (C14:0 + C16:0 + C18:0) / \left[0.5 \times \Sigma MUFA + 0.5 \times \left[\Sigma PUFA(n-6) + 3 \times \Sigma PUFA(n-3) + \frac{\Sigma PUFA(n-6)}{\Sigma PUFA(n-3)} \right] \right] \quad (6)$$

式中, C12:0 为十二烷酸, C14:0 为十四烷酸, C16:0 为十六烷酸, C18:0 为十八烷酸, $\Sigma MUFA$ 为总单不饱和脂肪酸, $\Sigma PUFA$ 为总多不饱和脂肪酸, $\Sigma PUFA(n-3)$ 为 $n-3$ 系列多不饱和脂肪酸; $\Sigma PUFA(n-6)$ 为 $n-6$ 系列多不饱和脂肪酸。

1.3 数据分析

实验数据采用 Excel 2019 软件进行整理, 采用 SPSS 25.0 软件进行独立样本 T 检验(independent-samples T test)分析, $P < 0.05$ 为显著水平, 结果以平均值 \pm 标准差(Mean \pm SD)表示。

2 结果

2.1 2种乌贼肌肉的基本营养组成

2种乌贼肌肉的基本营养成分见表1, 金乌贼水分含量显著高于日本无针乌贼($P < 0.05$)。2种乌贼的

表1 2种乌贼肌肉的基本营养组成/%

Tab.1 Basic nutritional composition of muscle of two species of cuttlefish /%

营养成分 Nutritive components	日本无针乌贼 <i>S. japonica</i>	金乌贼 <i>S. esculenta</i>
水分 Moisture	80.08 \pm 0.37 ^b	81.42 \pm 0.21 ^a
粗蛋白 Crude protein	15.64 \pm 1.17 ^a	14.77 \pm 1.13 ^a
粗脂肪 Crude lipid	1.28 \pm 0.22 ^a	1.40 \pm 0.35 ^a
粗灰分 Crude ash	1.81 \pm 0.14 ^a	1.56 \pm 0.12 ^b

注: 同行数据标注不同小写字母表示差异显著, 字母相同表示差异不显著, 下同。

Note: Data marked with different lowercase letters indicate significant difference, and the same letters indicate no significant difference, the same as below.

粗蛋白、粗脂肪含量均无显著性差异($P > 0.05$)。日本无针乌贼的粗灰分含量显著高于金乌贼($P < 0.05$)。

2.2 2种乌贼的常规肌肉品质

由表2可知, 在质构特性方面, 金乌贼肌肉的硬度、弹性、胶粘性、咀嚼性和内聚性均显著高于日本无针乌贼($P < 0.05$), 通常情况下弹性大、肉质紧实的肌肉口感更好, 日本无针乌贼的蒸煮损失率显著高于金乌贼($P < 0.05$), 而蒸煮损失率与弹性、内聚性有关。新鲜鱿鱼自身就含有甲醛, 并且贮藏和运输过程中也会产生甲醛(段文佳, 2011), 其中, 金乌贼肌肉的甲醛含量的本底值显著高于日本无针乌贼($P < 0.05$)。

表2 2种乌贼的常规肌肉品质
Tab.2 Conventional muscle qualities of two cuttlefish species

项目 Items	日本无针乌贼 <i>S. japonica</i>	金乌贼 <i>S. esculenta</i>
硬度 Hardness/g	23.46 \pm 3.22 ^b	37.26 \pm 2.60 ^a
弹性 Springiness/mm	0.79 \pm 0.06 ^b	0.97 \pm 0.06 ^a
胶粘性 Adhesiveness/(g/mm)	10.64 \pm 2.19 ^b	20.68 \pm 2.11 ^a
咀嚼性 Chewiness/(g/mm)	8.55 \pm 2.27 ^b	20.22 \pm 3.19 ^a
内聚性 Cohesiveness	0.30 \pm 0.04 ^b	0.46 \pm 0.02 ^a
蒸煮损失率 Cooking loss rate/%	29.12 \pm 0.04 ^a	25.19 \pm 0.01 ^b
甲醛 Formaldehyde/(mg/kg)	0.56 \pm 0.05 ^b	1.18 \pm 0.07 ^a

2.3 氨基酸的组成及含量

由表3可知, 2种乌贼肌肉中均检测出17种水解氨基酸、色氨酸、天冬酰胺、谷氨酰胺和少量牛磺酸, 其中, 必需氨基酸(EAA) 8种, 半必需氨基酸(HEAA) 2种、非必需氨基酸(NEAA) 11种。2种乌贼肌肉中谷氨酸(2.67~2.79 g/100 g)和天冬氨酸(1.75~1.83 g/100 g)含量最高, 其次是谷氨酰胺(1.68~1.75 g/100 g)、亮氨酸(1.51~1.62 g/100 g)、精氨酸(1.40~1.43 g/100 g)和赖氨酸(1.39~1.43 g/100 g), 半胱氨酸(0.12~0.13 g/100 g)和色氨酸(0.08~0.09 g/100 g)含量最低。2种乌贼肌肉中鲜味氨基酸含量(6.17~6.51 g/100 g)占氨基酸总量的比例均超过32%, 且金乌贼鲜味氨基酸含量高于日本无针乌贼。谷氨酸是主要呈味氨基酸, 这也是2种乌贼味道鲜美的原因。金乌贼(19.74 g/100 g)的氨基酸总量(TAA)显著高于日本无针乌贼(19.05 g/100 g) ($P < 0.05$), 必需氨基酸含量(EAA)(6.40 g/100 g)也显著

高于日本无针乌贼(6.07 g/100 g)($P<0.05$)。根据 FAO/WHO 的理想模式(刘胜男等, 2022), $\Sigma\text{EAA}/\Sigma\text{TAA}$ 接近 40%, $\Sigma\text{EAA}/\Sigma\text{NEAA}$ 接近 60%, 符合优质蛋白的判定标准。金乌贼(32.42)的 $\Sigma\text{EAA}/\Sigma\text{TAA}$ 值高于日本无针乌贼(31.86), 金乌贼(54.98)的 $\Sigma\text{EAA}/\Sigma\text{NEAA}$ 值也高于日本无针乌贼(53.91)。因此, 金乌贼比日本无针乌贼更接近理想模式。

表 3 氨基酸的组成及含量(g/100g)

Tab.3 Composition and content of amino acids (g/100g)

氨基酸 Amino acid	含量 Contents	
	日本无针乌贼 <i>S. japonica</i>	金乌贼 <i>S. esculenta</i>
苏氨酸 Thr*	0.75±0.12 ^a	0.79±0.22 ^a
缬氨酸 Val*	0.62±0.13 ^a	0.67±0.18 ^a
蛋氨酸 Met*	0.45±0.01 ^a	0.45±0.02 ^a
异亮氨酸 Ile*	0.61±0.04 ^a	0.67±0.03 ^a
亮氨酸 Leu*	1.51±0.02 ^b	1.62±0.05 ^a
苯丙氨酸 Phe*	0.65±0.01 ^a	0.69±0.21 ^a
赖氨酸 Lys*	1.39±0.14 ^a	1.43±0.09 ^a
色氨酸 Trp*	0.09±0.01 ^a	0.08±0.01 ^a
精氨酸 Arg**	1.43±0.05 ^a	1.40±0.06 ^a
组氨酸 His**	0.29±0.05 ^a	0.30±0.01 ^a
谷氨酸 Glu※	2.67±0.04 ^b	2.79±0.02 ^a
甘氨酸 Gly※	0.73±0.04 ^b	0.83±0.01 ^a
丙氨酸 Ala※	1.02±0.16 ^a	1.06±0.03 ^a
天冬氨酸 Asp※	1.75±0.03 ^a	1.83±0.14 ^a
酪氨酸 Tyr	0.39±0.02 ^b	0.49±0.05 ^a
脯氨酸 Pro	1.11±0.01 ^a	0.92±0.02 ^b
丝氨酸 Ser	0.73±0.11 ^a	0.81±0.12 ^a
天冬酰胺 Asn	0.78±0.17 ^a	0.81±0.19 ^a
谷氨酰胺 Gln	1.68±0.10 ^a	1.75±0.18 ^a
半胱氨酸 Cys	0.13±0.02 ^a	0.12±0.01 ^a
牛磺酸 Tau	0.27±0.03 ^a	0.23±0.05 ^a
氨基酸总量 ΣTAA	19.05±0.26 ^b	19.74±0.23 ^a
必需氨基酸 ΣEAA	6.07±0.12 ^b	6.40±0.14 ^a
半必需氨基酸 ΣHEAA	1.72±0.13 ^a	1.70±0.14 ^a
非必需氨基酸 ΣNEAA	11.26±0.17 ^b	11.64±0.16 ^a
鲜味氨基酸 ΣDAA	6.17±0.05 ^b	6.51±0.14 ^a
鲜味氨基酸/氨基酸总量 $\Sigma\text{DAA}/\Sigma\text{TAA}$	32.39	32.98
必需氨基酸/氨基酸总量 $\Sigma\text{EAA}/\Sigma\text{TAA}$	31.86	32.42
必需氨基酸/非必需氨基 酸总量 $\Sigma\text{EAA}/\Sigma\text{NEAA}$	53.91	54.98

注: *必需氨基酸, **半必需氨基酸, ※鲜味氨基酸。

Note: *: Essential amino acids; **: Semi-essential amino acids; ※: Flavor amino acids.

2.4 肌肉蛋白质的营养价值评价

必需氨基酸营养价值评估结果表明(表 4), 2 种乌贼肌肉中赖氨酸的 AAS 和 CS 皆是最高。根据 AAS、CS 评分可知, 日本无针乌贼的异亮氨酸、缬氨酸、色氨酸含量均低于 FAO/WHO 标准, 但金乌贼除缬氨酸和色氨酸外, 其余氨基酸含量均高于 FAO/WHO 标准(Seligson *et al*, 1984)。2 种乌贼除色氨酸 AAS 评分较低, 其他氨基酸评分均大于或者趋近于 1, 因此, 2 种乌贼的第一限制性氨基酸均为色氨酸。根据 CS 评分可知, 2 种乌贼的苏氨酸、亮氨酸、赖氨酸较鸡蛋蛋白含量更高。其中, 金乌贼的 EAAI 指数(82.99)高于日本无针乌贼(75.37), 表明金乌贼的氨基酸营养价值更高。

2.5 脂肪酸的组成及含量

由表 5 可知, 2 种乌贼脂肪酸种类丰富, 且含有相同种类的饱和脂肪酸(SFA)共有 9 种, 不饱和脂肪酸(UFA)11 种, 其中, 单不饱和脂肪酸(MUFA)4 种, 多不饱和脂肪酸(PUFA)7 种。2 种乌贼肌肉的饱和脂肪酸中 C16:0 含量最高, 其次是 C18:0, C23:0 含量最低; 单不饱和脂肪酸中, 日本无针乌贼的 C20:1 含量最高, 金乌贼的 C18:1n9c 含量最高, 二者 C24:1 含量均最低; 多不饱和脂肪酸中, 2 种乌贼的 DHA 含量最高, 且日本无针乌贼的 DHA、EPA 含量均显著高于金乌贼($P<0.05$), 其中, 日本无针乌贼的 DHA、EPA 含量分别占总脂肪酸的 27.98%和 14.06%, 金乌贼分别占总脂肪酸的 26.98%和 13.13%。金乌贼的血栓形成指数 IT 值(0.30)与日本无针乌贼(0.29)相比无显著差异($P>0.05$), 日本无针乌贼的动脉粥样硬化指数 IA 值(0.63)与金乌贼(0.60)相比差异显著($P<0.05$)。根据脂肪酸品质评价结果, 2 种乌贼均可作为预防心血管疾病的优质脂肪酸来源。

2.6 矿物元素的组成及含量

由表 6 可知, 日本无针乌贼、金乌贼肌肉均检测了 10 种矿物元素, 各种矿物元素含量均有差异。2 种乌贼肌肉中 K、P、Mg 和 Ca 含量最为丰富, 其中, P 的含量差距最大, 且金乌贼肌肉中的 P (2 260 mg/kg) 含量显著高于日本无针乌贼(1 970 mg/kg)($P<0.05$), 日本无针乌贼肌肉的 Zn 含量显著低于金乌贼($P<0.05$), 其含量分别达到 10.4 和 14.5 mg/kg, I 元素的含量显著高于金乌贼($P<0.05$), 其含量分别达到 13.6 和 9.2 mg/kg。Mn、Cu、Fe 和 Se 为 2 种乌贼肌肉中含量较低的矿物元素, 其中, 金乌贼肌肉中的 Mn

表4 肌肉蛋白质的营养价值评价

Tab.4 Evaluation of nutritional value of muscle protein

必需氨基酸 Essential amino acid	FAO/WHO 评分模式 FAO/WHO scoring pattern/(mg/g)	鸡蛋蛋白 Egg protein (mg/g)	氨基酸评分 AAS		化学评分 CS	
			日本无针乌贼	金乌贼	日本无针乌贼	金乌贼
			<i>S. japonica</i>	<i>S. esculenta</i>	<i>S. japonica</i>	<i>S. esculenta</i>
苏氨酸 Thr	250	292	1.20	1.34	1.03	1.14
缬氨酸 Val	310	411	0.80	0.91	0.60	0.69
异亮氨酸 Ile	250	331	0.98	1.13	0.74	0.86
亮氨酸 Leu	440	534	1.37	1.56	1.13	1.28
苯丙氨酸+酪氨酸 Phe+Tyr	380	565	1.09	1.31	0.74	0.88
蛋氨酸+半胱氨酸 Met+Cys	220	386	1.05	1.10	0.60	0.62
赖氨酸 Lys	340	441	1.63	1.78	1.26	1.37
色氨酸 Trp	60	99	0.60	0.56	0.36	0.34
总量 Total	2 250	3 059	8.72	9.69	6.46	7.18
必需氨基酸指数 EAAI		75.37			82.99	

表5 脂肪酸的组成及含量/%

Tab.5 Composition and content of fatty acids /%

脂肪酸 Fatty acids	日本无针乌贼 <i>S. japonica</i>	金乌贼 <i>S. esculenta</i>
<C14:0	—	—
C14:0	2.14±0.03 ^a	2.08±0.06 ^a
C15:0	0.67±0.13 ^a	0.95±0.11 ^a
C16:0	27.18±0.55 ^a	24.90±0.46 ^b
C17:0	0.94±0.06 ^b	1.90±0.16 ^a
C18:0	10.31±0.41 ^b	11.82±0.36 ^a
C20:0	1.16±0.15 ^b	1.54±0.11 ^a
C22:0	0.54±0.08 ^a	0.63±0.09 ^a
C23:0	0.13±0.01 ^b	0.27±0.02 ^a
C24:0	0.45±0.04 ^a	0.32±0.06 ^b
C16:1	0.62±0.22 ^a	0.59±0.25 ^a
C20:1	2.95±0.16 ^a	2.54±0.14 ^b
C24:1	0.54±0.14 ^a	0.36±0.03 ^a
C18:1n9c	2.86±0.16 ^a	2.81±0.11 ^a
C18:2n6c	0.31±0.04 ^a	0.36±0.02 ^a
C18:3n3	0.49±0.12 ^b	0.81±0.11 ^a
C20:2	0.27±0.05 ^b	0.63±0.06 ^a
C20:3n3	0.31±0.03 ^a	0.41±0.17 ^a
C20:4n6	6.11±0.32 ^a	6.47±0.22 ^a
C20:5n3(EPA)	14.06±0.14 ^a	13.13±0.03 ^b
C22:6n3(DHA)	27.98±0.26 ^a	26.98±0.21 ^b
DHA/EPA	1.99±0.02 ^a	2.05±0.05 ^a
EPA+DHA	42.04±0.27 ^a	40.11±0.31 ^b
ΣSFA	43.52±0.20 ^a	44.41±0.28 ^a
ΣMUFA	6.97±0.11 ^a	6.30±0.08 ^b
ΣPUFA	49.53±0.31 ^a	48.79±0.33 ^b
Σn-3 PUFA	42.84±0.22 ^a	41.33±0.17 ^b
Σn-6 PUFA	6.42±0.02 ^a	6.83±0.22 ^a

注: SFA: 饱和脂肪酸; MUFA: 单不饱和脂肪酸; PUFA: 多不饱和脂肪酸。

Note: SFA: Saturated fatty acid; MUFA: Monounsaturated fatty acid; PUFA: Polyunsaturated fatty acid.

表6 矿物元素的组成及含量(mg/kg)

Tab.6 Composition and content of mineral elements (mg/kg)

元素 Elements	日本无针乌贼 <i>S. japonica</i>	金乌贼 <i>S. esculenta</i>
钾 K	2 640±140.83 ^a	2 870±137.12 ^a
钙 Ca	133.43±12.14 ^a	145±10.12 ^a
镁 Mg	525.49±26.09 ^a	552±22.33 ^a
磷 P	1 970±133 ^b	2 260±135 ^a
锰 Mn	0.280±0.020 ^b	0.356±0.023 ^a
锌 Zn	10.4±1.06 ^b	14.50±1.13 ^a
铁 Fe	2.97±0.13 ^a	2.89±0.24 ^a
铜 Cu	1.37±0.02 ^b	5.19±0.12 ^a
硒 Se	0.27±0.02 ^a	0.22±0.07 ^a
碘 I	13.60±1.29 ^a	9.20±0.17 ^b

和 Cu 含量显著高于日本无针乌贼($P<0.05$), 其余元素二者含量偏低且无显著性差异($P>0.05$)。

3 讨论

3.1 2种乌贼肌肉的常规营养成分

肉类价值的关键指标包括蛋白质、脂肪等。本研究中, 2种乌贼肌肉的蛋白质含量为 14.77%~15.64%, 脂肪含量为 1.28%~1.40%, 属于低脂高蛋白的水产品。其中, 蛋白质是头足类动物中最丰富的宏量营养素, 2种乌贼的蛋白质含量均高于日本枪乌贼(9.29%) (刘玉锋等, 2011), 较其他淡水鱼和海生鱼类有较低的脂肪, 如鲤(*Cyprinus carpio*)(5.91%) (王玉林等, 2019)、大黄鱼(*Pseudosciaena crocea*)(5.10%) (许星鸿等, 2013)、罗非鱼(*Oreochromis spp.*)(4.49%) (王玉林等, 2019) 等。本研究表明, 2种乌贼与大多数海洋乌贼相同, 具备低脂肪、高蛋白的优点, 是一种优良的水产品,

具有较高的营养价值。

不同种类的乌贼肌肉其营养成分存在显著差异(蒋霞敏等, 2012; 陈道海等, 2014; 王峥等, 2020), 同一品种由于摄食种类和栖息地环境的不同个体间也有差异(常抗美等, 2008; 宋超霞等, 2009; 曹子豪等, 2015; 刘长琳等, 2016), 同一生长环境但处于不同的生长阶段, 其各营养组分均有差异(樊甄姣等, 2009)。本研究产生差异也可能是 2 种乌贼生长环境、捕捞期、摄食的饵料种类和数量的不同导致。

3.2 2 种乌贼肌肉的品质差异

除营养成分外, 质构、蒸煮损失、甲醛含量均会影响消费者的接受度。影响水产品质构特性的因素有硬度、弹性、胶粘性、咀嚼性和内聚性。其中, 硬度、弹性、咀嚼性是评价肉质新鲜度的重要指标(陈依萍等, 2020)。金乌贼的硬度、弹性和咀嚼性均显著高于日本无针乌贼($P < 0.05$), 因此, 金乌贼肌肉的品质更好。胶粘性指克服食物表面和与食物接触的部位(如舌头、牙齿等)表面之间的吸引力的特性, 胶粘性与样品的多汁性相关, 多汁性与含水量相关(殷俊等, 2011), 金乌贼的含水量显著高于日本无针乌贼($P < 0.05$), 因此, 金乌贼的胶粘性高于日本无针乌贼。内聚性指样品的内部结合强度, 而内聚性越大, 样品口感就越好(邓丽等, 2014)。蒸煮损失反映样品在蒸煮过程中保持水分的能力, 而蒸煮损失率越高, 其弹性、内聚性越低(朱琳等, 2021)。对蒸煮损失过大的肉来说, 加工成干制品更有利(赵改名等, 2020), 因此, 大部分新鲜乌贼被加工成乌贼干、乌贼丝等干制品。本研究中, 金乌贼的质构特性均优于日本无针乌贼且日本无针乌贼的蒸煮损失率要高于金乌贼。综上所述, 金乌贼肌肉的口感更好。

甲醛的含量也可以反映肌肉的品质, 甲醛是一种毒性极强的物质, 摄入小剂量会引起疼痛、呕吐和昏迷, 大剂量能引起死亡。在保藏和加工过程中, 水产品自身也会产生甲醛(李颖畅等, 2012)。李娟等(2018)研究表明, 乌贼属于甲醛本底值含量较低的海产品。我国农业部规定水产品中甲醛含量应小于 10 mg/kg, 2 种乌贼均未超过此安全限量。

3.3 2 种乌贼肌肉的氨基酸比较

乌贼肌肉的营养价值由必需氨基酸的种类、数目决定。本研究中, 日本无针乌贼中必需氨基酸含量为 6.07 g/100 g, 占氨基酸总量的 31.86%; 金乌贼中必需氨基酸含量为 6.40 g/100 g, 占总量的 32.42%, 与 FAO/WHO 推荐的优质蛋白标准相近, 2 种乌贼均属于

优质蛋白。金乌贼肌肉中 $\Sigma EAA/\Sigma TAA$ 值高于日本无针乌贼, 说明其氨基酸价值更高。其中, 2 种乌贼肌肉中非必需氨基酸含量最高的是谷氨酸, 谷氨酸具有调节神经功能、促进智力发育、提高记忆力等功效, 与 Loppies 等(2021)研究的谷氨酸含量总是最高的结果相一致。金乌贼中谷氨酸的含量显著高于日本无针乌贼($P < 0.05$), 谷氨酸是鲜味最强的呈味氨基酸, 其组成和含量决定了水产品的鲜美程度, 可见, 金乌贼的肉质更加鲜美。除谷氨酸外, 2 种乌贼肌肉中天冬氨酸、谷氨酰胺、亮氨酸和精氨酸含量较高, 与虎斑乌贼(*Sepia pharaonis*)研究结果相一致(陈道海等, 2014)。因此, 2 种乌贼均属于氨基酸含量丰富的水产品, 但金乌贼氨基酸营养价值更高。

牛磺酸具有调节机体正常生理活动、提高机体免疫能力等功能, 摄入适量的牛磺酸可显著降低肝脏和血清胆固醇水平(Masaaki *et al*, 2021)。其中, 日本无针乌贼肌肉的牛磺酸含量(0.27 g/100 g)高于金乌贼(0.23 g/100 g)。谭乐义等(2000)研究表明, 牛磺酸在贝类、甲壳类和头足类中含量更丰富, 其中, 真鲷(*Pagrus major*)(0.11 g/100 g)、鲱鱼(*Clupea pallasii*)(0.11 g/100 g)等鱼的肌肉牛磺酸含量均低于本研究的 2 种乌贼。由于人体内合成牛磺酸的能力较低, 为了满足人体需要, 可以每天摄入适量水产品, 头足类肌肉的牛磺酸含量虽低于贝类, 但远高于虾、禽畜类和蛋类, 属于牛磺酸含量较为丰富的水产品。

AAS、CS 和 EAAI 是比较和分析动物肌肉 EAA 的组成, 评价其蛋白质营养价值的常用指标。AAS 是指样品中某种 EAA 的含量与 FAO/WHO 推荐的理想蛋白同种氨基酸含量的值, 如果样品所有 EAA 的 AAS 均 > 1 , 说明该样品的蛋白质营养价值较高(徐杰等, 2021)。赖氨酸是 2 种乌贼的 AAS 和 CS 评分最高的氨基酸, 二者均超过 FAO/WHO 模式标准含量。本研究中, 2 种乌贼肌肉中色氨酸的 AAS 和 CS 评分最低, 因此, 2 种乌贼的第一限制性氨基酸均为色氨酸。这与陈道海等(2014)的研究结果不同, 可能由于乌贼的种类不同其氨基酸含量也有所差异。本研究表明, 除了色氨酸外, 2 种乌贼肌肉中其他必需氨基酸的 AAS 均接近或 > 1 ; 而 CS 评分值均 > 0.5 。EAAI 表示不同乌贼蛋白质的品质, 一定程度上也反映蛋白质的消化率(Liu *et al*, 2018)。从 EAAI 指数可以看出, 金乌贼的分值较高, 为 82.99, 进一步验证了金乌贼的氨基酸营养价值相对较高。

3.4 2 种乌贼肌肉的脂肪酸比较

2 种乌贼肌肉的饱和脂肪酸中棕榈酸(C16:0)和

硬脂酸(C18:0)含量较高。唐传核等(2000)研究表明,硬脂酸(C18:0)对胆固醇无上升作用,棕榈酸(C16:0)与神经发育、离子调节、躯体生长和生殖有关。日本无针乌贼肌肉的单、多不饱和脂肪酸含量均显著高于金乌贼($P<0.05$),其中,多不饱和脂肪酸中 DHA 含量最高。郑娅等(2021)研究显示,不饱和脂肪酸可以从营养代谢调控等方面发挥对其机体的保护作用,必需脂肪酸所占比例越高其营养价值越高。EPA 和 DHA 对人体心血管系统等有着显著的功效,是有益的营养成分(郝颖等, 2006),其中,日本无针乌贼的 EPA 和 DHA 总量显著高于金乌贼($P<0.05$)。虽然头足类含有含量较低的脂肪,但 n-3PUFA 含量却十分丰富,占脂肪酸总量的 41.33%~42.84%。研究表明,富含 n-3PUFA 的饮食可以减少脂肪积累、抑制脂肪细胞的分化、抵消多余的脂肪组织堆积(Ballester *et al*, 2020; Kim *et al*, 2021)。Rudolph 等(2017)研究表明, n-6/n-3PUFA 的值越低,越易产生更多的脂联素,降低脂肪的生成。其中,日本无针乌贼的 n-3PUFA 含量显著高于金乌贼($P<0.05$)且 n-6/n-3PUFA 值低于金乌贼,所以,日本无针乌贼的脂肪含量更低。成年人食用 n-6/n-3PUFA 比值越低的水产品可以增强肥胖抵抗力,摄入更低的能量。不饱和脂肪酸含量越高,越有利于蛋白的积累(宋益贞, 2012),但其嫩度、多汁性及总体可接受度越低;而 SFA+MUFA 含量越高,其评分越高。日本无针乌贼的不饱和脂肪酸含量显著高于金乌贼($P<0.05$), SFA+MUFA 含量低于金乌贼,因此,日本无针乌贼的脂肪酸评分更高,金乌贼的肉质更加鲜嫩多汁。

3.5 2种乌贼肌肉的矿物质比较

2种乌贼的胴体肌肉中含有较多的 K、P 等矿物质元素,含量分别高达 2 640~2 870、1 970~2 260 mg/kg, Mikkelsen 等(2021)研究表明,缺 K 降低基因表达、影响蛋白质合成和生长;P 参与能量转化,在糖和脂肪的代谢中起重要作用。2种乌贼的 Mg 含量较高,达到 525.49~552.00 mg/kg, Mg 具有保护心脏和增强记忆力的作用。Cu、Mn 和 Zn 被认为是生物抗氧化剂(Aubourg *et al*, 2021),金乌贼含量均显著高于日本无针乌贼($P<0.05$),可见金乌贼的抗氧化性较好。因此,2种乌贼肌肉富含人体所需的多种无机元素,常量元素中, K 和 P 含量最高;微量元素中, Zn 和 I 含量最高。

4 结论

综上所述,金乌贼与日本无针乌贼均是高蛋白、

低脂肪的水产品,其氨基酸种类丰富,与 FAO/WHO 模式推荐的标准相近,属于优质蛋白。从品质特性来看,金乌贼的质构特性优于日本无针乌贼,口感更好。从必需氨基酸指数来看,金乌贼高于日本无针乌贼。而从 EPA 和 DHA 的总量来看,日本无针乌贼显著高于金乌贼,2种乌贼均含有丰富的 PUFA,其中, EPA 和 DHA 的总含量占脂肪酸的含量均高于 40%。2种乌贼均属于营养价值高的水产品。研究结果可为 2种乌贼开发低脂高蛋白的产品提供理论依据,为消费者提供参考。

参 考 文 献

- AUBOURG S P, TRIGO M P, RICARDO C G, *et al*. Nutritional and healthy value of chemical constituents obtained from Patagonian squid (*Doryteuthis gahi*) by-products captured at different seasons. *Foods*, 2021, 10(9): 2144
- BALLESTER M, QUINTANILLAR, ORTEGA F J, *et al*. Dietary intake of bioactive ingredients impacts liver and adipose tissue transcriptomes in a porcine model of prepubertal early obesity. *Scientific Reports*, 2020, 10(1): 5375
- CAO Z H, CHI C F, LIU H H, *et al*. Comparison of nutritional compositions in *Sepiella japonica* muscle from different wild populations. *Food Science*, 2015, 36(4): 101-105 [曹子豪, 迟长凤, 刘慧慧, 等. 不同地理群体曼氏无针乌贼肌肉营养成分分析比较与评价. *食品科学*, 2015, 36(4): 101-105]
- CHANG K M, ZHU A Y, ZHANG J S, *et al*. Comparison in biochemistry of tissues of wild and cultured *Sepiella japonica*. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 2008, 39(2): 145-151 [常抗美, 朱爱意, 张建设, 等. 曼氏无针乌贼(*Sepiella japonica*)野生及养殖群体的生化特征及其形成机制的研究. *海洋与湖沼*, 2008, 39(2): 145-151]
- CHEN D H, WEN J, ZHAO Y Y, *et al*. Analysis of nutritional components in muscle of cultivated and wild *Sepia pharaonis*. *Food Science*, 2014, 35(7): 217-222 [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. *食品科学*, 2014, 35(7): 217-222]
- CHEN Y P, CUI W X, GAO R C, *et al*. Changes in quality of sturgeon fillet during 4°C and -3°C partial freezing storage. *Progress in Fishery Sciences*, 2020, 41(1): 178-186 [陈依萍, 崔文萱, 高瑞昌, 等. 冷藏与微冻贮藏过程中鲟鱼肉品质变化. *渔业科学进展*, 2020, 41(1): 178-186]
- DENG L, LI Y, DONG X P, *et al*. Chemical interactions and textural characteristics of abalone pleopod muscle protein during hearting. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2014, 30(18): 307-316 [邓丽, 李岩, 董秀萍, 等. 热加工过程中鲍鱼腹足蛋白间作用力及其质构特性. *农业工程学报*, 2014, 30(18): 307-316]
- DENG Y, WANG X X, HU S H, *et al*. Comparison of fatty acid composition and principal component analysis of beef cattle

- in western area of Yellow River. *Modern Food Science and Technology*, 2021(2): 290–297 [郑娅, 王晓璇, 胡生海, 等. 河西肉牛脂肪酸成分比较及主成分分析. *现代食品科技*, 2021(2): 290–297]
- DOUBLEDAY Z A, PROWSE T A A, ARKHIPKIN A, *et al.* Global proliferation of cephalopods. *Current Biology*, 2016, 26: 406–407
- DUAN W J. Primary study on exposure assessment and risk management of formaldehyde in aquatic products. Master's Thesis of Ocean University of China, 2011 [段文佳. 水产品中甲醛的暴露评估与风险管理研究. 中国海洋大学硕士学位论文, 2011]
- FAN Z J, LÜ Z M, ZHOU X M, *et al.* Analysis and evaluation of protein and fatty acids in wild *Sepia esculenta*. *Acta Nutrimenta Sinica*, 2009, 31(5): 513–515 [樊甄姣, 吕振明, 周晓敏, 等. 野生金乌贼蛋白质和脂肪酸成分分析与评价. *营养学报*, 2009, 31(5): 513–515]
- HAO Y, WANG Z H. Nutritive function and safety analysis of EPA and DHA. *Modern Food Science and Technology*, 2006, 22(3): 180–183 [郝颖, 汪之和. EPA、DHA的营养功能及其产品安全性分析. *现代食品科技*, 2006, 22(3): 180–183]
- HAO Z L, ZHANG X M, ZHANG P D. Biological characteristics and multiplication techniques of *Sepia esculenta*. *Chinese Journal of Ecology*, 2007, 26(4): 601–606 [郝振林, 张秀梅, 张沛东. 金乌贼的生物学特性及增殖技术. *生态学杂志*, 2007, 26(4): 601–606]
- JIANG X M, PENG R B, LUO J, *et al.* Analysis and evaluation of nutrient composition in different tissues of wild *Sepia lycidas*. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2012, 24(12): 2393–2401 [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. *动物营养学报*, 2012, 24(12): 2393–2401]
- KIM M, VOY B H. Fighting fat with fat: n-3 polyunsaturated fatty acids and adipose deposition in broiler chickens. *Frontiers in Physiology*, 2021, 12: 755317
- LI J, CHEN B, YOU J J, *et al.* Investigation on the background value of formaldehyde content in aquatic products and water-based product. *Modern Food*, 2018(24): 190–196 [李娟, 陈斌, 游京晶, 等. 水产品与水发产品中甲醛含量本底值的调查研究. *现代食品*, 2018(24): 190–196]
- LI Y C, ZHU J L, LI J R. Research progress on producing and control of endogenous formaldehyde in aquatic products. *Science and Technology of Food Industry*, 2012, 33(8): 406–408 [李颖畅, 朱军莉, 励建荣. 水产品中内源性甲醛的产生和控制研究进展. *食品工业科技*, 2012, 33(8): 406–408]
- LIU C L, RUAN F T, QIN B, *et al.* Analysis and evaluation of nutritive composition of the muscle of wild adult *Sepia esculenta*. *Marine Sciences*, 2016, 40(8): 42–48 [刘长琳, 阮飞腾, 秦搏, 等. 野生金乌贼成体肌肉的营养成分分析及评价. *海洋科学*, 2016, 40(8): 42–48]
- LIU L W, LIANG X F, LI J, *et al.* Effects of supplemental phytic acid on the apparent digestibility and utilization of dietary amino acids and minerals in juvenile grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*). *Aquaculture Nutrition*, 2018, 24(2): 850–857
- LIU S N, WANG S Y, CAO R, *et al.* Nutritional composition analysis and quality evaluation of different sizes of *Ammodytes personatus*. *Progress in Fishery Sciences*, 2022, 43(1): 188–194 [刘胜男, 王善宇, 曹荣, 等. 不同规格玉筋鱼的营养分析与评价. *渔业科学进展*, 2022, 43(1): 188–194]
- LIU Y F, MAO Y, WANG Y H, *et al.* Analysis of the nutritional components of *Loligo japonica*. *Periodical of Ocean University of China (Natural Science)*, 2011, 41(S1): 341–343 [刘玉锋, 毛阳, 王远红, 等. 日本枪乌贼的营养成分分析. *中国海洋大学学报(自然科学版)*, 2011, 41(S1): 341–343]
- LOPPIES C R M, APITULEY D A N, TENTUA E. Nutrition content and amino acid profile of paper squid. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2021, 797(1): 012020
- MASAAKI M, TOMOYUKI T, KAZUHO T, *et al.* Cholesterol-lowering effects of taurine through the reduction of ileal FXR signaling due to the alteration of ileal bile acid composition. *Amino acids*, 2021, 53(10): 1523–1532
- MCAFEE A J, MCSORLEY E M, CUSKELLY G J, *et al.* Red meat consumption: An overview of the risks and benefits. *Meat Science*, 2010, 84(1): 1–13
- MIKKELSEN A C D, THOMSEN K L, VILSTRUP H, *et al.* Potassium deficiency decreases the capacity for urea synthesis and markedly increases ammonia in rats. *American Journal of Physiology: Gastrointestinal and Liver Physiology*, 2021, 320(4): G474–G483
- RUDOLPH M C, JACKMAN M R, PRESBY D M, *et al.* Low neonatal plasma n-6/n-3 PUFA ratios regulate offspring adipogenic potential and condition adult obesity resistance. *Diabetes*, 2017, 67(4): 651–661
- SELIGSON F H, MACKKEY L N. Variable predictions of protein quality by chemical score by amino acid analysis and reference pattern. *The Journal of Nutrition*, 1984, 114(4): 682–691
- SONG C X, WANG C L, SHAO Y W, *et al.* The nutritional compositions and evaluation of muscle between wild and cultivated *Sepiella japonica*. *Acta Nutrimenta Sinica*, 2009, 31(3): 301–303 [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. *营养学报*, 2009, 31(3): 301–303]
- SONG Y Z. Effects of different lipid sources on growth and muscle qualities of tilapia. Master's Thesis of Jiangnan University, 2012 [宋益贞. 不同脂肪源对罗非鱼生长特性和肌肉品质的影响. 江南大学硕士学位论文, 2012]
- TAN L Y, ZHANG C H, XUE C H, *et al.* Biological activity of

- taurine and its distribution in marine organisms. *Journal of Guangdong Ocean University*, 2000, 20(3): 75–79 [谭乐义, 章超桦, 薛长湖, 等. 牛磺酸的生物活性及其在海洋生物中的分布. 湛江海洋大学学报, 2000, 20(3): 75–79]
- TANG C H, XU J X, PENG Z Y. Recent study on nutrition and function of fatty acids. *China Oils and Fats*, 2000, 25(6): 20–23 [唐传核, 徐建祥, 彭志英. 脂肪酸营养与功能的最新研究. 中国油脂, 2000, 25(6): 20–23]
- WANG P S, XU J C, JIANG X M, *et al.* Effects of dietary protein levels on growth performance and main composition of muscle in *Sepiella japonica*. *Journal of Ningbo University (NSEE)*, 2016, 29(1): 1–6 [王鹏帅, 徐军超, 蒋霞敏, 等. 饲料蛋白质水平对日本无针乌贼生长性能和肌肉营养成分的影响. 宁波大学学报(理工版), 2016, 29(1): 1–6]
- WANG Y L, LIN W L, LI L H, *et al.* Basic nutrient composition analysis of freshwater fish muscles based on four orders and thirteen species. *Science and Technology of Food Industry*, 2019, 40(11): 277–283 [王玉林, 林婉玲, 李来好, 等. 4目13种淡水鱼肌肉基本营养成分分析. 食品工业科技, 2019, 40(11): 277–283]
- WANG Z, LIU C L, ZHAI J M, *et al.* Analysis and evaluation of muscle nutrition of *Sepioteuthis lessoniana*. *Progress in Fishery Sciences*, 2020, 41(4): 102–109 [王峥, 刘长琳, 翟介明, 等. 莱氏拟乌贼肌肉营养成分分析及评价. 渔业科学进展, 2020, 41(4): 102–109]
- XU J, LIAO J, LIN Z A, *et al.* Amino acid composition analysis and nutrition value evaluation of peptide power from grouper muscle. *Food and Fermentation Industries*, 2021, 47(23): 221–226 [徐杰, 廖津, 林泽安, 等. 石斑鱼肉肽粉的氨基酸组成分析与营养价值评价. 食品与发酵工业, 2021, 47(23): 221–226]
- XU X H, LIU X. Nutritional composition of muscles from 8 species of economic fishes. *Food Science*, 2013, 34(21): 75–82 [许星鸿, 刘翔. 8种经济鱼类肌肉营养组成比较研究. 食品科学, 2013, 34(21): 75–82]
- YIN J, MEI C H, CHEN B, *et al.* Sensory evaluation and instrumental measurement of meatballs. *Modern Food Science and Technology*, 2011, 27(1): 50–55 [殷俊, 梅灿辉, 陈斌, 等. 肉丸品质的质构与感官分析. 现代食品科技, 2011, 27(1): 50–55]
- ZHANG T, SHI H L, PING H L, *et al.* Present status for propagation and culture of *Sepiella japonica* de Rochebrune. *Scientific Fish Farming*, 2018(12): 49–50 [张涛, 史会来, 平洪领, 等. 曼氏无针乌贼繁育养殖现状. 科学养鱼, 2018(12): 49–50]
- ZHAO G M, WANG K, ZHU C Z, *et al.* Study on meat quality differences of different parts of Qinghai high-prototype yak. *Food Research and Development*, 2020, 41(13): 60–65 [赵改名, 王可, 祝超智, 等. 青海高原型牦牛不同部位肉的品质差异研究. 食品研究与开发, 2020, 41(13): 60–65]
- ZHOU J S, WANG Q L, WANG W L, *et al.* Compositions of fatty acids and minerals in muscle of blackspot sisord catfish *Glyptosternum maculatum*. *Fisheries Science*, 2020, 39(3): 414–419 [周建设, 王且鲁, 王万良, 等. 黑斑原肌肉脂肪酸及无机盐组成特征分析. 水产科学, 2020, 39(3): 414–419]
- ZHU L, ZHENG Y, ZHOU F, *et al.* Establishment of evaluation model and analysis of quality deteriorating factors of frozen scallop sold in Shanghai. *Progress in Fishery Sciences*, 2021, 42(6): 165–175 [朱琳, 郑尧, 周纷, 等. 上海市售扇贝冻品品质评价模型构建及关键影响因素分析. 渔业科学进展, 2021, 42(6): 165–175]

(编辑 陈 辉)

Evaluation of the Nutritional Composition and Quality of Muscles in Two Cuttlefish Species

JIA Junqi, ZHANG Yue, LIAO Yueqin, LIN Huimin^①

(College of Food and Pharmacy, Zhejiang Ocean University, Zhoushan 316022, China)

Abstract *Sepiella japonica* is widely distributed on Zhejiang and Fujian coasts and is one of the four major fishery products in the East China Sea. Its meat is delicious, has high nutritional value, and is loved by consumers. *Sepia esculenta* is widely distributed on the Japanese coasts and South and East China Sea waters, with the advantages of fast growth and development, short life cycle. Hence, it is an important economic cephalopod in China's northern fisheries. With the improvement of people's living standards,

① Corresponding author: LIN Huimin, E-mail: linhuixiaomin@126.com

there is a higher demand for food quality. Red meat contains high levels of saturated fatty acids and cholesterol, which increase the risk of cardiovascular disease and colon cancer when consumed for an extended period. Cephalopods are low-fat and high-protein aquatic products, which are easier to digest and absorb than livestock meat and are widely welcomed by consumers. The quality of cuttlefish muscle is an essential factor affecting the value of cuttlefish products. So far, many scholars have studied the nutritional composition of cuttlefish muscle, but few reports have been made on its quality differences. Therefore, this study aimed to investigate the nutritional composition and quality differences of two cuttlefish muscles and evaluate their nutritional value. For that, the conventional nutrient composition, textural characteristics, cooking loss rate, formaldehyde (FA) content, amino acid and fatty acid composition, and mineral elements of *S. japonica* and *S. esculenta* were analyzed from specimens caught in large quantities in the Zhoushan area. Ten cuttlefish of each species were collected, each as an independent sample. The average carcass length for *S. japonica* was (104.00±0.24) mm and the average body weight (134.00±0.11) g, while for *S. esculenta* specimens, the averages were (162.00±0.17) mm and (356.00±0.09) g. The fresh samples were transported to the laboratory within 30 min. The basic nutrients of cuttlefish muscle were determined by the national standard method, texture characteristics by the TPA model, FA content by HPLC, amino acids content using the amino acid autoanalyzer, fatty acid content by gas chromatography, and mineral content by microwave digestion. The results showed that the crude protein and crude fat contents of *S. japonica* muscles were not significantly different from those of *S. esculenta* ($P>0.05$). The moisture content was significantly lower in *S. japonica* than that of *S. esculenta* ($P<0.05$), and the crude ash content was significantly higher than that of *S. esculenta* ($P<0.05$). The hardness, elasticity, adhesive, masticatory, and cohesive properties of *S. esculenta* muscles were significantly higher than those of *S. japonica* ($P<0.05$). The FA contents of the two cuttlefish muscles were 0.56 mg/kg and 1.18 mg/kg, respectively, following the national health standards. Muscles of both cuttlefish species showed 17 hydrolyzed amino acids, and the first limiting amino acid was tryptophan. Also, for both species, the ratio of essential amino acids to total amino acids was higher than 31%, and the ratio of essential amino acids to non-essential amino acids was higher than 53%. *S. esculenta* was closer to the ideal protein pattern recommended by the FAO/WHO, and its essential amino acid index (EAAI) was as high as 82.99. Twenty types of fatty acids were detected in the muscles of both cuttlefishes. The total contents of C20:5n-3 (EPA) and C22:6n-3 (DHA) were higher than 40% in *S. japonica*, which were significantly higher than in *S. esculenta* ($P<0.05$). The muscles of both cuttlefish species were rich in many inorganic elements required by humans. The two cuttlefish muscles were rich in K, P, Mg, and Ca, with the greatest difference observed for P. The P and Zn contents of *S. esculenta* muscles were significantly higher than those of *S. japonica* ($P<0.05$), while the I content of *S. japonica* muscles was significantly higher than that of *S. esculenta* ($P<0.05$), reaching 13.6 mg/kg and 9.2 mg/kg, respectively. Macronutrients had the highest content of K and P and the trace elements, Zn and I. Overall, this study showed differences in the nutritional composition and quality of the two cuttlefish muscles, but both were high-quality and low-fat protein sources with good exploitation value. This study provides the scientific basis for utilizing the cephalopod marine resources in the East China Sea.

Key words Cuttlefish; Nutrients; Amino acids; Fatty acids; Quality evaluation