

中国小孔蛸肌肉营养成分分析与评价

安俊庭¹, 葛建龙², 边力², 刘长琳², 陈四清²

(1. 青岛农业大学, 山东 青岛 266109; 2. 中国水产科学研究院黄海水产研究所, 青岛海洋科学与技术试点国家实验室海洋渔业科学与食物产出过程功能实验室, 山东 青岛 266071)

摘要: 中国小孔蛸主要分布在我国东南沿海, 是深受当地消费者喜爱的头足类品种。本研究根据国家食品安全检测相关标准, 采用常规生化分析方法对采集自宁德海域的中国小孔蛸肌肉营养成分进行了测定, 对其肌肉营养价值进行了分析评价。结果显示: 中国小孔蛸肌肉中水分、粗蛋白质、粗脂肪、灰分和总糖的含量分别占鲜样质量的比例为 83.8%、13.5%、0.6%、1.5% 和 0.6%。在色氨酸未作单独检测情况下, 在中国小孔蛸肌肉中共检测到常见氨基酸 16 种, 总量占粗蛋白质干质量的 80.15%, 其中人体必需氨基酸有 7 种, 占氨基酸总量的 36.41%; 必需氨基酸指数(EAAI)为 75.58, 必需氨基酸组成符合 FAO/WHO 的理想模式; 此外, 谷氨酸、天门冬氨酸、甘氨酸和丙氨酸 4 种呈味氨基酸的总含量为 308.89 mg/g, 占氨基酸总量的 38.54%。检测出 5 种多不饱和脂肪酸、4 种单不饱和脂肪酸和 4 种饱和脂肪酸, 它们分别占脂肪酸总量的比例为 29.31%、26.97% 和 43.64%; 多不饱和脂肪酸中 DHA、亚油酸、花生四烯酸以及 EPA 含量较高, 分别占脂肪酸总量的 8.92%、7.62%、6.52% 和 5.12%。中国小孔蛸肌肉中矿物元素含量丰富, 尤其是钙、镁和锌含量较高。分析认为, 中国小孔蛸肌肉蛋白质含量高、必需氨基酸组成基本均衡、脂肪质量较好, 富含矿物元素, 是具有较好食用价值和保健作用的优质海产品, 今后值得加强其资源的开发与利用。

关键词: 中国小孔蛸; 营养成分; 营养评价

中图分类号: S917.4 **文献标识码:** A

文章编号: 1000-3096(2022)03-0103-08

DOI: 10.11759/hyxx20210506002

中国小孔蛸(*Cistopus chinensis*)是 2012 年鉴定的头足类新种, 隶属于软体动物门(Mollusa)、头足纲(Cephalopoda)、八腕目(Octopoda)、蛸科(Octopodidae)、小孔蛸属(*Cistopus*), 主要分布于中国东海、南海以及北部湾沿海海域^[1]。小孔蛸属最明显的区别于其他蛸类的外部特征是每一腕基部具一小囊, 各有小孔与外相通。小孔蛸属已知的种类不多, 主要有中国小孔蛸(*C. chinensis*)、台湾小孔蛸(*Cistopus taiwanicus*)和印度小孔蛸(*Cistopus indicus*), 它们在吸盘大小、数目和交接腕方面有着明显区别^[1]。小孔蛸在福建、广东等地俗称为梅章, 因肉质鲜嫩, 深受消费者喜爱, 一般按只销售, 经济价值较高。由于多年来的无序开发及栖息环境破坏等原因, 小孔蛸群体资源已严重衰退。目前, 国内学者主要开展了小孔蛸染色体核型^[2]、线粒体序列^[3]、群体结构^[4]以及养殖技术^[5-6]方面的一些研究, 也有企业在尝试其苗种繁育, 而小孔蛸为何受当地消费者欢迎, 其营养成分是否有特别之处, 营养价值与其他头足类有什么差异,

目前尚无相关研究报道。本研究以福建宁德海域野生中国小孔蛸为实验样本, 对中国小孔蛸肌肉营养成分进行了测定, 对其营养价值进行了评价, 研究结果为开展其渔业资源利用以及增养殖技术开发提供基础数据资料。

1 材料与方法

1.1 实验材料

中国小孔蛸样品于 2020 年 10 月采集于福建宁德滩涂海域, 挑选活力良好、无损伤的个体, 平均体质量为(40.7±9.3) g, 解剖取胴部和腕部肌肉, 用过滤海水冲洗干净, 滤纸吸干表面水分, 经液氮冷冻后干冰运输回实验室, 置于-80 ℃冰箱保存备用。

收稿日期: 2021-05-06; 修回日期: 2021-07-29

基金项目: 现代农业产业技术体系建设专项资金资助(CARS-49)

[Foundation: Supported by the Earmarked Fund for Modern Agro-industry Technology Research System No. CARS-49]

作者简介: 安俊庭(1988—), 男, 硕士, E-mail: 358200839@qq.com;

葛建龙(1988—), 通信作者, 男, E-mail: gejl@ysfri.ac.cn

1.2 检测方法

水分含量采用直接干燥法测定,具体方法参照 GB5009.3—2016^[7];粗蛋白质含量采用凯氏定氮法测定,具体步骤参照 GB5009.5—2016^[8];粗脂肪含量采用索氏抽提法测定,具体方法参照 GB5009.6—2016^[9];灰分含量利用高温灼烧法测定,具体步骤参照 GB5009.4—2016^[10]。

氨基酸含量:根据 GB5009.124—2016^[11],样品经盐酸水解处理后,采用氨基酸自动分析仪(Hitachi L-8900)测定;脂肪酸含量:根据 GB5009.168—2016^[12],样品经水解,乙醚提取脂肪后采用气相色谱仪(Agilent 7890A)进行测定;矿质元素含量(K、P、Na、Mg、Ca、Fe、Cu、Zn、Mn、Se):按照 GB5009.268—2016^[13]方法,采用电感耦合等离子发射光谱仪(Agilent 5110)和等离子体质谱仪(Agilent 7900)测定。

1.3 蛋白质营养评价

根据联合国粮农组织(FAO)/世界卫生组织(WHO) 1973 年建议的氨基酸评分标准模式和全鸡蛋蛋白质的氨基酸模式^[14],分别计算氨基酸评分(AAS)、化学评分(CS)、必需氨基酸指数(EAAI)^[15],计算公式如下:

$$AAS = \frac{a}{AA(FAO/WHO)} \times 100, \quad (1)$$

$$CS = \frac{a}{AE} \times 100, \quad (2)$$

$$EAAI = \sqrt[n]{\frac{100a}{AE} \times \frac{100b}{BE} \times \frac{100c}{CE} \times \dots \times \frac{100h}{HE}}, \quad (3)$$

式中, $a, b, c, \dots, h$ 为样品中某种必需氨基酸(EAA)的含量(mg/g, 干质量), AA (FAO/WHO)为 FAO/WHO 评分模式中对应的氨基酸含量(mg/g, 干质量), AE, BE, CE, ..., HE 为鸡蛋蛋白质中对应的氨基酸含量(mg/g, 干质量), n 为比较的必需氨基酸个数。

1.4 数据处理

采用 Excel 2016 软件整理实验数据,计算各组分含量值,结果用平均值 $\pm$ 标准差表示。

2 结果

2.1 一般营养成分分析

中国小孔蛸肌肉一般营养成分以及其他头足类物种的比较见表 1。在所比较的物种中,中国小孔蛸肌肉水分含量为 83.8%, 低于日本枪乌贼, 高于其他头足类品种;粗蛋白含量为 13.5%, 与曼氏无针乌贼基本一致, 高于日本枪乌贼, 低于其他头足类;总糖为 0.6%, 含量最低, 脂肪和灰分含量居于中间水平。总体上, 中国小孔蛸属于高蛋白、低脂肪、低糖的经济头足类。

表 1 中国小孔蛸肌肉一般营养成分及其与常见经济头足类的比较(湿质量, %)

Tab. 1 General nutrient components of the muscle of *Cistopus chinensis* and comparison with other economic cephalopoda species (wet weight, %)

种类	水分	粗蛋白	粗脂肪	粗灰分	总糖*
中国小孔蛸(<i>C. chinensis</i>)	83.8	13.5	0.6	1.5	0.6
短蛸(<i>Octopus ochellatus</i>) ^[16]	81.7	14.8	1.0	1.1	1.44
长蛸(<i>Octopus variabilis</i>) ^[17]	79.3	14.85	0.41	1.94	3.5
弯斑蛸(<i>Octopus dollfusii</i>) ^[18]	81.0	15.0	1.0	1.1	1.44
拟目乌贼(<i>Sepia lycidas</i>) ^[19]	73.99	14.8	0.17	1.78	9.26
曼氏无针乌贼(<i>Sepiella maindroni</i>) ^[20]	77.74	13.56	1.16	2.90	3.67
金乌贼(<i>Sepia esculenta</i>) ^[21]	71.1	22.02	0.75	2.17	3.97
虎斑乌贼(<i>Sepia pharaonis</i>) ^[22]	79.42	14.52	0.84	1.41	3.81
小管枪乌贼(<i>Loligo ooshimai</i>) ^[23]	75.43	19.39	0.98	1.85	2.35
日本枪乌贼(<i>Loligo japonica</i>) ^[24]	85.82	9.29	1.43	1.79	1.67

*: 总糖=100%-(水分+粗蛋白+粗脂肪+灰分)%

2.2 氨基酸组成分析

根据检测标准测定的 16 种氨基酸在中国小孔蛸肌肉中均有检出(表 2), 包括人体所需的必需氨基酸 7 种, 占粗蛋白含量的 29.19%, 半必需氨基酸(SEAA)

2 种, 占粗蛋白含量的 9.41%, 非必需氨基酸(NEAA) 7 种, 占粗蛋白含量的 41.56%。单一氨基酸中, 谷氨酸含量为 125.19 mg/g, 含量最多; 其他含量较高的氨基酸依次为天门冬氨酸、精氨酸、亮氨酸和赖氨酸, 分别

为 82.96 mg/g、74.81 mg/g、63.70 mg/g 和 61.48 mg/g。必需氨基酸与氨基酸总量(TAA)的比值为 36.41%，必需氨基酸与非必需氨基酸的含量比值为 70.23%。中国

小孔蛸肌肉中谷氨酸、天门冬氨酸、甘氨酸和丙氨酸等 4 种呈味氨基酸含量丰富，总含量为 308.89 mg/g，鲜味氨基酸与总氨基酸的比值(DAA/TAA)为 38.54%。

表 2 中国小孔蛸肌肉氨基酸组成及浓度含量(干质量, mg/g)

Tab. 2 Amino acid composition and contents in the muscle of *Cistopus chinensis* (dry wt, mg/g)

氨基酸	质量分数	氨基酸	质量分数
亮氨酸*(Leu)	63.7±0.84	天门冬氨酸†(Asp)	82.96±1.03
赖氨酸*(Lys)	61.48±0.88	丙氨酸†(Ala)	45.93±1.10
异亮氨酸*(Ile)	38.52±0.92	脯氨酸(Pro)	38.52±0.97
苏氨酸*(Thr)	37.78±0.94	酪氨酸(Tyr)	31.85±0.70
缬氨酸*(Val)	37.04±0.84	必需氨基酸 EAA	291.85±6.53
苯丙氨酸*(Phe)	31.11±1.13	半必需氨基酸 SEAA	94.07±2.08
甲硫氨酸*(Met)	22.22±1.14	非必需氨基酸 NEAA	415.56±6.50
精氨酸#(Arg)	74.81±0.84	鲜味氨基酸 DAA	308.89±3.98
组氨酸#(His)	19.26±1.28	氨基酸总量 TAA	801.48±14.75
甘氨酸†(Gly)	54.81±1.04	EAA/TAA (%)	36.41
丝氨酸(Ser)	36.3±0.91	EAA/NEAA (%)	70.23
谷氨酸†(Glu)	125.19±0.90	DAA/TAA (%)	38.54

注: *: 必需氨基酸; #: 半必需氨基酸; †: 鲜味氨基酸。

根据 FAO 推荐的氨基酸评价模式计算 AAS 和 CS，结果见表 3。由 AAS 可知，中国小孔蛸肌肉中含硫氨基酸(半胱氨酸+蛋氨酸)得分最低为 63.49 分，其次为缬氨酸，得分为 74.07 分，其他氨基酸得分均高于 90 分，其中赖氨酸得分最高为 111.78 分。由 CS 可知，得分最低

的同样为含硫氨基酸(半胱氨酸+蛋氨酸)(47.28 分)，其次为缬氨酸(68.59 分)，其他氨基酸得分均高于 70 分，其中亮氨酸的得分最高为 96.52 分。因此，中国小孔蛸肌肉第一、第二限制性氨基酸分别为半胱氨酸+蛋氨酸、缬氨酸。中国小孔蛸肌肉的 EAAI 评分为 75.58 分。

表 3 中国小孔蛸肌肉中必需氨基酸组成评价

Tab. 3 Evaluation of essential amino acid composition in the muscle protein of *Cistopus chinensis*

必需氨基酸	异亮氨酸	亮氨酸	赖氨酸	半胱氨酸+蛋氨酸	色氨酸	苏氨酸	缬氨酸	酪氨酸+苯丙氨酸
中国小孔蛸	38.52	63.70	61.48	22.22	—	37.78	37.04	62.96
FAO 评分模式	40	70	55	35	10	40	50	60
氨基酸评分 AAS	96.30	91.01	111.78	63.49	—	94.44	74.07	104.93
鸡蛋蛋白	49	66	66	47	17	45	54	86
化学评分 CS	78.61	96.52	93.15	47.28	—	83.95	68.59	73.21
必需氨基酸指数 EAAI	75.58							

注: “—”: 未检测到。

2.3 脂肪酸组成与含量

根据食品脂肪酸含量的测定标准，中国小孔蛸肌肉中主要检测出 13 种脂肪酸，其中饱和脂肪酸(SFA)和单不饱和脂肪酸(MUFA)均为 4 种，分别占脂肪酸总量的 43.64%和 26.97%，多不饱和脂肪酸(PUFA)检测到 5 种，占脂肪酸总量的 29.31%(表 4)。中国小孔蛸肌肉不饱和脂肪酸(UFA)与饱和脂肪酸

(SFA)比值为 1.29，脂肪酸不饱和度较高。饱和脂肪酸中含量最高的是棕榈酸(C16: 0; 24.61%)，其次为硬脂酸(C18: 0; 16.42%)。单不饱和脂肪酸中含量最高的是油酸(C18: 1)，含量为 22.24%。多不饱和脂肪酸中含量较高的有 DHA、亚油酸(C18: 2)、花生四烯酸(C22: 4)和 EPA，分别占脂肪酸总量的 8.92%、7.62%、6.52%和 5.12%。

表 4 中国小孔鲷肌肉的脂肪酸组成含量

Tab. 4 Fatty acid composition in the muscle of *Cistopus chinensis* (dry wt, %)

脂肪酸	质量分数
C14: 0	0.80±0.04
C16: 0	24.61±0.81
C16: 1	1.04±0.04
C17: 0	1.81±0.06
C18: 0	16.42±0.53
C18: 1	22.24±0.90
C18: 2	7.62±0.27
C18: 3	1.14±0.04
C20: 1	2.36±0.03
C20: 4	6.52±0.24
C20: 5(EPA)	5.12±0.09
C22: 1	1.32±0.04
C22: 6(DHA)	8.92±0.30
饱和脂肪酸 SFA	43.64±1.41
单不饱和脂肪酸 MUFA	26.97±1.00
多不饱和脂肪酸 PUFA	29.31±0.92
DHA + EPA	14.04±0.37
DHA/EPA	1.74
不饱和脂肪酸 UFA/饱和脂肪酸 SFA	1.29

2.4 矿物元素含量

中国小孔鲷肌肉矿物元素检测结果如表 5 所示, 在检测的 10 种矿物元素中, 仅有微量元素 Fe 含量较低未达检出限。常量元素以 Na 含量最为丰富, 达到了 21 111.11 mg/kg, 其次为 K 和 P, Mg 和 Ca 含量也较高, 含量分别为 3 641.98 mg/kg 和 1 135.80 mg/kg。此外, 含有丰富的 Zn、Cu、Mn、Se 人体所必需的微量元素。

表 5 中国小孔鲷肌肉矿物质元素含量(干质量, mg/kg)

Tab. 5 Mineral contents in the muscle of *Cistopus chinensis* (dry wt, mg/kg)

矿物元素	质量分数	矿物元素	质量分数
K	13 950.62±67.23	Fe	—
P	12 962.96±42.80	Cu	84.57±2.98
Na	21 111.11±46.17	Zn	128.40±4.91
Mg	3 641.98±6.68	Mn	2.96±0.03
Ca	1 135.80±15.17	Se	3.02±0.11

注: “—”, 未检测到。

3 讨论

3.1 一般营养成分分析

肌肉品质主要与肌肉中灰分、粗脂肪和粗蛋白的含量和比例密切相关^[25], 而肌肉多汁性通常与肌肉中含水量正相关, 与脂肪含量呈负相关^[23]。在所比较的头足类品种中(表 1), 中国小孔鲷肌肉总糖含量最小; 蛋白质含量除与金乌贼(22.02%)和日本枪乌贼(9.29%)差异较大外, 与其他头足类(13.56%~15.0%)相比处于同一水平; 小孔鲷与短蛸、长蛸等蛸类肌肉水分含量相近, 高于拟目乌贼、曼氏无针乌贼等乌贼类; 小孔鲷脂肪含量较低, 仅占湿质量的 0.6%, 高于长蛸(0.41%)和拟目乌贼(0.17%), 低于其他种类(0.75%~1.43%)。由此可知, 中国小孔鲷有高蛋白、低脂肪、低糖和多汁性的特点, 是人们健康膳食的良好选择, 而多汁性可能是闽浙沿海人民钟爱小孔鲷的一个重要原因。

3.2 氨基酸营养成分评价

中国小孔鲷肌肉中含量最高的 5 种氨基酸依次为谷氨酸、天门冬氨酸、精氨酸、亮氨酸和赖氨酸, 与短蛸^[16]、长蛸^[17]、弯斑蛸^[18]等头足类肌肉的氨基酸组成情况基本一致, 这可能与头足类相近的遗传特性和相似的生活习性有关。同其他海产头足类一样, 中国小孔鲷肌肉中含有丰富的呈味氨基酸, 呈味氨基酸占总氨基酸的 38.54%, 这与南海弯斑蛸^[18]、小管枪乌贼^[23]等头足类相当, 稍低于短蛸^[16]、长蛸^[17]和金乌贼^[21], 因此, 中国小孔鲷具有浓郁的鲜美味道, 是优质的海味佳肴。

蛋白质品质与必需氨基酸种类、含量和比例相关。中国小孔鲷肌肉必需氨基酸种类较为齐全, 检测到了 7 种人体必需氨基酸, 其中亮氨酸和赖氨酸含量最高。亮氨酸有着氧化供能、促进蛋白质合成以及提高免疫功能等营养生理功能^[26]。赖氨酸参与蛋白质合成, 被称为“生长性氨基酸”^[27], 一般来说小麦、大米等主食的赖氨酸含量低, 而肉类特别是海鲜类含量较高, 因此要合理搭配膳食。按照 FAO/WHO 评分标准, EAA/TAA 在 40%左右, 并且 EAA/NEAA>60%为理想蛋白质^[25], 中国小孔鲷肌肉的 EAA/TAA 为 36.41%, EAA/NEAA 为 70.23%, 符合以上理想蛋白质的要求。EAAI 是评价食物蛋白质营养的常用指标之一, 根据常用的评分标准: 85≥EAAI≥75 为可用蛋白源^[15], 中国小孔鲷的 EAAI 为 75.58, 符合可用蛋白源

的标准,说明必需氨基酸组成较为均衡。综上,中国小孔蛸肌肉是一个理想蛋白质食物来源,具有较好的营养价值。

3.3 脂肪酸营养成分评价

本研究在中国小孔蛸肌肉中检测到 13 种脂肪酸,而短蛸、长蛸、弯斑蛸的脂肪酸种类分别为 20 种、11 种和 18 种^[16-18],脂肪酸种类在不同头足类中的差异可能与个体大小、取样时间以及栖息环境的差异有关。中国小孔蛸肌肉脂肪酸中棕榈酸(C16: 0)和硬脂酸(C18: 0)构成了饱和脂肪酸的主要成分,这与短蛸^[16]、长蛸^[17]和南海弯斑蛸^[18]肌肉脂肪酸组成情况基本一致。单不饱和脂肪酸中含量最高的是油酸(C18: 1),含量为 22.24%,明显高于短蛸^[16]、长蛸^[17]、南海弯斑蛸^[18]和小管枪乌贼^[23]等头足类生物。多不饱和脂肪酸中含量较高的有二十二碳六烯酸(DHA)、亚油酸(C18: 2)、花生四烯酸(C22: 4)和二十碳五烯酸(EPA),分别占脂肪酸总量的 8.92%、7.62%、6.52%和 5.12%。这些不饱和脂肪酸在人体新陈代谢过程中起着重要作用,如富含油酸的膳食模式具有预防肥胖、调节血糖、调节血脂和抗炎症等保健作用^[28]; DHA 素有“脑黄金”之称,对婴幼儿脑神经以及视网膜发育至关重要^[29]; EPA 和 DHA 具有抗血栓、调整血脂、降低低密度脂蛋白胆固醇等治疗和预防心血管疾病的作用^[30]。因此,从不饱和脂肪酸组成及含量来讲,中国小孔蛸肌肉脂肪质量较高,具有一定保健作用和较高的营养价值。

3.4 矿物质元素营养成分评价

中国小孔蛸肌肉中钠、钾、钙、镁等矿物元素丰富,显示了海洋生物与生活环境相一致的特点。常量元素中,钙和镁含量较为突出,高于大多数头足类^[17-19, 21-23]。微量元素中锌含量非常丰富,达到了 128.4 mg/kg,高于长蛸(111.36 mg/kg)^[17]、南海弯斑蛸(77.39 mg/kg)^[18]、金乌贼(79.44 mg/kg)^[21]和虎斑乌贼(50.04 mg/kg)^[22]等头足类以及南美白对虾(6.46 mg/kg)^[31]、小黄鱼(25.30 mg/kg)^[32]等其他海产品。矿物元素是人体组织的重要成分,均衡的矿物元素对于维持人体正常生理机能具有重要作用。如钙对于骨骼矿化、血液凝结、神经元传递、肌肉收缩和细胞内信号传导等多种基本生理功能的实现是必不可少的,目前钙缺乏是全球范围内较为普遍的问题,尤其是老人、儿童和妇女应注意补充钙元素^[33]。镁是人体细胞第二重要的阳离子,与钙元素共同维护

着骨质密度、神经和肌肉的收缩活动,是细胞内各种酶系统的活化剂,镁缺乏可能引起心律失常、高血压、脑梗塞和偏头疼等疾病^[34]。锌参与细胞的分裂和分化,是酶的组成成分,具有重要的生理功能,锌缺乏可能会导致青少年生长发育迟缓、皮肤病变以及记忆力减退等病症,而适量的锌有利于促进人体的生长发育以及提高机体的免疫力^[35]。因此,中国小孔蛸肌肉作为食物可以提供丰富的矿物质元素,具有一定的保健作用,非常有利于人体健康。

4 小结

研究结果表明中国小孔蛸肌肉蛋白质含量高、氨基酸组成较为合理,且富含鲜味氨基酸;脂肪酸以人体必需的 DHA、EPA、亚油酸等不饱和脂肪酸为主;矿物元素种类多样、含量丰富,钙、镁和锌含量突出,具有较高的营养价值和一定的保健功效。因此,中国小孔蛸是品质优良的食用头足类品种,是人体获取多种营养元素的理想食物,目前需加强资源养护以及人工育苗和养殖技术研究,丰富其海产资源。

参考文献:

- [1] ZHENG Xiaodong, LIN Xiangzhi, LU Chungcheng, et al. A new species of *Cistopus* Gray, 1849 (Cephalopoda: Octopodidae) from the East and South China Seas and phylogenetic analysis based on the mitochondrial *COI* gene[J]. *Journal of Natural History*, 2012, 46(5/6): 355-368.
- [2] WANG Jinhai, ZHENG Xiaodong. Cytogenetic studies in three octopods, *Octopus minor*, *Amphioctopus fangsiao*, and *Cistopus chinensis* from the coast of China[J]. *Comparative Cytogenetics*, 2018, 12(3): 373-386.
- [3] CHENG Rubin, ZHENG Xiaodong, MA Yuanyuan, et al. The complete mitochondrial genomes of two octopods *Cistopus chinensis* and *Cistopus taiwanicus*: revealing the phylogenetic position of the genus *Cistopus* within the order Octopoda[J]. *PLoS One*, 2013, 8(12): e84216.
- [4] 杨秋玲, 林祥志, 郑小东, 等. 东南沿海小孔蛸(*Cistopus* sp.) 线粒体序列的比较研究[J]. *海洋与湖沼*, 2009, 40(5): 640-646.
YANG Qiuling, LIN Xiangzhi, ZHENG Xiaodong, et al. Genetic diversity in populations of *Cistopus* sp. on the sequences of mitochondrial 16S rRNA and *COI* gene fragments[J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 2009, 40(5): 640-646.
- [5] 刘瑞棠, 刘明福. 小孔蛸瓶养技术试验[J]. *现代农业*

- 科技, 2011(14): 333-335.
- LIU Ruitang, LIU Mingfu. Experiment on bottle culture method of *Cistopus* sp.[J]. Modern Agricultural Sciences and Technology, 2011(14): 333-335.
- [6] 周明寿. 瓶养小孔蛸技术初报[J]. 闽东农业科技, 2011(1): 24-25.
- ZHOU Mingshou. Preliminary report on bottle culture technology of *Cistopus* sp.[J]. Agricultural Science and Technology in Eastern Fujian, 2011(1): 24-25.
- [7] 国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准: 食品中水分的测定 GB/T 5009.3-2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- National Health and Family Planning Commission. National food safety standard: Determination of moisture in foods GB/T 5009.3-2016[S]. Beijing: Standards Press of China, 2017.
- [8] 国家食品药品监督管理总局, 国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准: 食品中蛋白质的测定 GB/T 5009.5-2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- State Food and Drug Administration, National Health and Family Planning Commission. National food safety standard: Determination of protein in foods GB/T 5009.3-2016[S]. Beijing: Standards Press of China, 2017.
- [9] 国家食品药品监督管理总局, 国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准: 食品中脂肪的测定 GB/T 5009.6-2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- State Food and Drug Administration, National Health and Family Planning Commission. National food safety standard: Determination of fat in foods GB/T 5009.3-2016[S]. Beijing: Standards Press of China, 2017.
- [10] 国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准: 食品中灰分的测定 GB/T 5009.4-2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- National Health and Family Planning Commission. National food safety standard: Determination of ash in foods GB/T 5009.3-2016[S]. Beijing: Standards Press of China, 2017.
- [11] 国家食品药品监督管理总局, 国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准: 食品中氨基酸的测定 GB/T 5009.124-2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- State Food and Drug Administration, National Health and Family Planning Commission. National food safety standard: Determination of amino acids in foods GB/T 5009.3-2016[S]. Beijing: Standards Press of China, 2017.
- [12] 国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准: 食品中脂肪酸的测定 GB/T 5009.168-2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- National Health and Family Planning Commission, State Food and Drug Administration. National food safety standard: Determination of fatty acids in foods GB/T 5009.3-2016[S]. Beijing: Standards Press of China, 2017.
- [13] 国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准: 食品中多元素的测定 GB/T 5009.268-2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- National Health and Family Planning Commission, State Food and Drug Administration. National food safety standard: Determination of multi-elements in foods GB/T 5009.3-2016[S]. Beijing: Standards Press of China, 2017.
- [14] FAO/WHO Ad Hoc Expert Committee. Energy and protein requirements[R]. FAO Nutrition Reports Series, 1973, 52: 40-73.
- [15] 冯东勋. 必需氨基酸指数(EAAI)在饲料中的应用[J]. 饲料工业, 1997, 18(3): 21-22.
- FENG Dongxun. Essential amino acid index (EAAI) in feed application. Feed Industry, 1997, 18(3): 21-22.
- [16] 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 main nutritional composition of *Octopus ochelatus* of different organizations[J]. Journal of Zhanjiang Ocean University, 2006, 26(4): 91-93.
- [17] 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.
- [18] 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.
- [19] 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.
- [20] 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.

- [21] 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[J]. 海洋科学, 2016, 40(8): 42-48.
LIU Changlin, RUAN Feiteng, QIN Bo, et al. Analysis and evaluation of nutritive composition of the muscle of wild adult *Sepia esculenta*[J]. Marine Sciences, 2016, 40(8): 42-48.
- [22] 黄建盛, 陈刚, 张健东, 等. 野生虎斑乌贼(*Sepia pharaonis*)肌肉主要营养成分分析及评价[J]. 营养学报, 2014, 36(5): 502-504.
HUANG Jiansheng, CHEN Gang, ZHANG Jiandong, et al. Analysis and evaluation of main nutritional composition of muscle of wild *Sepia pharaonis*[J]. Acta Nutrimenta Sinica, 2014, 36(5): 502-504.
- [23] 王峥, 刘长琳, 陈四清, 等. 福建海域小管枪乌贼肌肉营养成分分析及评价[J]. 生物资源, 2019, 41(4): 353-362.
WANG Zheng, LIU Changlin, CHEN Siqing, et al. Nutrition analysis and evaluation of muscle of *Loligo oshimai* in Fujian sea area[J]. Amino Acids and Biotic Resources, 2019, 41(4): 353-362.
- [24] 刘玉锋, 毛阳, 王远红, 等. 日本枪乌贼的营养成分分析[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2011, 41(增刊): 341-343.
LIU Yufeng, MAO Yang, WANG Yuanhong, et al. Analysis of the nutritional components of *Loligo japonica*[J]. Periodical of Ocean University of China, 2011, 41(Sup.): 342-343.
- [25] 徐大风, 刘琨, 王鹏飞, 等. 绿鳍马面鲷肌肉营养成分分析和营养评价[J]. 海洋科学, 2018, 42(5): 122-129.
XU Dafeng, LIU Kun, WANG Pengfei, et al. Analysis of nutritional composition in the muscle of *Thamnaconus septentrionalis*[J]. Marine Sciences, 2018, 42(5): 122-129.
- [26] 王彬, 李奇. 亮氨酸的代谢及营养生理作用研究进展[J]. 饲料研究, 2012(1): 14-16.
WANG Bin, LI Qi. Research progress on the metabolism and nutritional physiology of leucine[J]. Feed Research, 2012(1): 14-16.
- [27] 周俊, 宋代军. 赖氨酸营养研究进展[J]. 饲料工业, 2006, 27(8): 48-50.
ZHOU Jun, SONG Daijun. Research progress in lysine nutrition[J]. Feed Industry, 2006, 27(8): 48-50.
- [28] SALES-CAMPOS H, SOUZA P R, PEGHINI B C, et al. An overview of the modulatory effects of oleic acid in health and disease[J]. Mini Reviews in Medicinal Chemistry, 2013, 13(2): 210-215.
- [29] MAKRIDES M, GIBSON R A, MCPHEE A J, et al. Effect of DHA supplementation during pregnancy on maternal depression and neurodevelopment of young children: A randomized controlled trial[J]. The Journal of the American Medical Association, 2010, 304(15): 1675-1683.
- [30] 肖玫, 欧志强. 深海鱼油中两种脂肪酸(EPA 和 DHA)的生理功效及机理的研究进展[J]. 食品科学, 2005, 26(8): 522-526.
XIAO Mei, OU Zhiqiang. Research progress of the physiological function and mechanism of two kinds of fatty acid (EPA and DHA) in the fish oil of deep sea[J]. Food Science, 2005, 26(8): 522-526.
- [31] 张高静, 韩丽萍, 孙剑锋, 等. 南美白对虾营养成分分析与评价[J]. 中国食品学报, 2013, 13(8): 254-260.
ZHANG Gaojing, HAN Liping, SUN Jianfeng, et al. Analysis and evaluation of nutritive composition in *Penaeus vannamei*[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2013, 13(8): 254-260.
- [32] 朱羽庄, 梅光明, 严忠雍, 等. 舟山小黄鱼的营养成分测定与分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(5): 1184-1190.
ZHU Yuzhuang, MEI Guangming, YAN Zhongyong, et al. Determination and analysis of the nutritional components of Zhoushan *Larimichthys polyactis*[J]. Journal of Food Safety & Quality, 2019, 10(5): 1184-1190.
- [33] 王默涵, 雷蕾, 王俊, 等. 人体的钙吸收与钙营养状况评价[J]. 现代食品, 2020, 12(24): 25-30, 47.
WANG Mohan, LEI Lei, WANG Jun, et al. Calcium nutrition supplement and evaluation in human[J]. Modern Food, 2020, 12(24): 25-30, 47.
- [34] 张忠诚, 徐祗云, 张素洁. 镁与人体健康[J]. 微量元素与健康研究, 2006, 23(4): 67-69.
ZHANG Zhongcheng, XU Diyun, ZHANG Sujie. Magnesium and human health[J]. Studies of Trace Elements and Health, 2006, 23(4): 67-69.
- [35] 张莹, 刘树芳. 微量元素锌与人体健康[J]. 科技资讯, 2019, 17(5): 253-254.
ZHANG Ying, LIU Shufang. Trace elements zinc and human health[J]. Science & Technology Information, 2019, 17(5): 253-254.

Analysis and evaluation of the nutritional composition of *Cistopus chinensis* muscles

AN Jun-ting¹, GE Jian-long², BIAN Li², LIU Chang-lin², CHEN Si-qing²

(1. Qingdao Agricultural University, Qingdao 266109, China; 2. Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Laboratory for Marine Fisheries Science and Food Production Process, Pilot National Laboratory for Marine Science and Technology (Qingdao), Qingdao 266071, China)

Received: May 6, 2021

Key words: *Cistopus chinensis*; nutritional component; nutritional evaluation

Abstract: *Cistopus chinensis*, mainly distributed along the south-eastern coast of China, is a small-size cephalopod with a high economic value in local markets. In this study, based on the national food safety standards, the nutrient composition of *C. chinensis* collected from the Ningde waters was determined by conventional biochemical analysis, and its muscular nutrition value was analyzed and evaluated. The moisture, crude protein, crude fat, ash, and total sugar contents in the fresh muscle of *C. chinensis* were 83.8%, 13.5%, 0.6%, 1.5%, and 0.6%, respectively. In the case of tryptophan not tested separately, 16 common amino acids were detected in the muscle of the *C. chinensis*, accounting for 80.15% of crude protein dry mass. There are seven types of essential amino acids, which account for 36.41% of the total amino acids. There are four types of delicious amino acids, and the proportion of delicious amino acids to total amino acids is 38.54%. The essential amino acid index (EAAI) was 75.58, and the essential amino acids composition met the ideal protein standard suggested by the Food Agriculture Organization/World Health Organization. Thirteen types of fatty acids were detected, including four types of saturated fatty acids, four types of monounsaturated fatty acids, and five types of polyunsaturated fatty acids (PUFAs), which were 43.64%, 26.97%, and 29.31%, respectively. Among the PUFAs, the content of docosahexaenoic acid, eicosapentaenoic acid, linoleic acid, and arachidonic acid was relatively high, accounting for 8.92%, 5.12%, 7.62%, and 6.52% of the total fatty acids, respectively. The muscle of *C. chinensis* is rich in mineral elements, especially calcium, magnesium, and zinc. According to the analysis results, *C. chinensis* has high protein content, balanced essential amino acid composition, good fat quality, and abundant mineral elements. The *C. chinensis* is high-quality seafood with good edible value and health care effect, which is worth strengthening the exploitation and utilization of its resources in the future.

(本文编辑: 赵卫红)