

暗色等刺参(*Isostichopus fuscus*)营养成分分析

刘胜男¹, 曹荣^{1,2}, 赵玲¹, 孙慧慧¹, 刘淇^{1*}

(1. 中国水产科学研究院黄海水产研究所, 青岛 266071;

2. 海洋国家实验室海洋药物与生物制品功能实验室, 青岛 266235)

摘要: 目的 测定暗色等刺参的主要营养成分, 评价其营养价值。**方法** 分别采用凯氏定氮法、高温灼烧法、亚甲基蓝比色法测定海参中的粗蛋白、灰分、海参多糖含量, 采用氨基酸自动分析仪测定氨基酸组成, 采用电感耦合等离子体质谱法测定常量、微量无机元素。**结果** 暗色等刺参的海参多糖含量为 8.04%, 蛋白质含量高达 83.35%, 且氨基酸组成丰富, 其中甘氨酸、谷氨酸、丙氨酸含量相对较高。暗色等刺参富含人体所需的多种矿物质元素, 常量元素中 Ca、Mg 含量较高, 微量元素中 Fe、Zn 的含量较高。**结论** 暗色等刺参富含蛋白质、海参多糖以及人体所需的无机元素, 具有较高的食用价值和开发利用前景。

关键词: 暗色等刺参; 营养成分; 海参多糖

Analysis on nutrients of *Isostichopus fuscus*

LIU Sheng-Nan¹, CAO Rong^{1,2}, ZHAO Ling¹, SUN Hui-Hui¹, LIU Qi^{1*}

(1. Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071, China;

2. Laboratory for Marine Drugs and Bioproducts of Qingdao National Laboratory for Marine Science and Technology, Qingdao 266235, China)

ABSTRACT: Objective To evaluate the main nutrients of *Isostichopus fuscus* (*I. fuscus*) and analyze its nutritional value. **Methods** The crude protein content was determined by Kjeldahl method, the ash content was determined by high temperature burning method, the mucopolysaccharide content was determined by methylene blue colorimetric method, amino acid composition was analyzed by automatic method and the content of major and trace mineral elements was determined by inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS). **Results** The polysaccharide content of *I. fuscus* was 8.04%. The protein content of *I. fuscus* was 83.35%, which meant high quality protein source. *I. fuscus* was rich in amino acids, and the content of glycine, glutamic acid and alanine was relatively high. It was rich in a variety of mineral elements required by the human body. The content of Ca and Mg in the major elements and the content of Fe and Zn in the trace elements was high. **Conclusion** *I. fuscus* is rich in protein, polysaccharides and inorganic elements needed by human body, which has high edible value and development and utilization prospect.

KEY WORDS: *Isostichopus fuscus*; nutrient; sea cucumber polysaccharide

基金项目: 中国水产科学研究院基本科研业务费项目(2016ZD0801)

Fund: Supported by Central Public-interest Scientific Institution Basal Research Fund, CAFS (2016ZD0801)

*通讯作者: 刘淇, 研究员, 主要研究方向为水产品加工与质量安全。E-mail: liuqi@ysfri.ac.cn

*Corresponding author: LIU Qi, Professor, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071, China. E-mail: liuqi@ysfri.ac.cn

1 引言

海参(sea cucumber)是棘皮动物门海参纲动物的统称,目前已发现的海参有 1400 多种^[1]。海参在我国有悠久的食用历史,是药食同源的典范。我国传统中医认为,海参有补肾益精、益气养血等功效,适当食用海参不仅能促进细胞再生、损伤修复,还能提高机体免疫力,从而达到增强体质作用^[2]。随着人们生活水平的不断提高和健康意识的不断增强,海参正逐渐走向普通消费者的餐桌,吃海参养生成为日常保健的一种潮流。

海参富含营养成分,还具有多种有益人体健康的活性物质^[3]。现代科学证实,海参中的活性物质具有促进脂蛋白代谢,调整机体的免疫力,延缓衰老,改善睡眠,抗疲劳等多种生理活性^[4-7]。海参独特的营养与功效引发了全球科研人员的广泛关注^[8],海参产品的需求量也在不断增长。我国海参市场上的主要品种是仿刺参(*Apostichopus japonicus*),其中淡干刺参的价格从每斤几千元至上万元不等。宋志东等^[9]发现随着刺参的生长发育,其氨基酸总量、呈味氨基酸和药效氨基酸等都呈升高趋势;王哲平等^[10]对同一季节同一海域的野生刺参和养殖刺参的化学组成进行对比分析,发现养殖刺参的粗蛋白含量较高,但海参多糖和皂苷含量略低。

近年来,进口刺参凭借野生和价格的优势吸引了我国越来越多消费者的关注^[11]。暗色等刺参(*Isostichopus fuscus*)是我国海参市场上非常典型的一种进口海参产品,活体资源主要分布在加利福尼亚半岛到厄瓜多尔大陆海域附近^[12]。目前对暗色等刺参的研究主要集中在资源分布与种群动态方面^[13-15],尚没有对其营养成分方面的研究报道。本研究以暗色等刺参为实验原料,对其营养成分进行了检测,在此基础上对其营养价值进行了初步评价,以期为该海参品种的加工利用提供依据。

2 材料与方法

2.1 实验材料

暗色等刺参(16±1) g,产自土耳其,由黑龙江美利石岛科技开发有限公司提供,中国科学院海洋研究所肖宁博士鉴定。

2.2 仪器与试剂

Hitachi L-8900 型高速氨基酸分析仪(日本日立有限公司);MARS Xpress 型微波消解仪(美国 CEM 公司);7500ce 型电感耦合等离子体质谱仪(美国 Agilent 公司)。

岩藻糖硫酸酯标准品(美国 Sigma 公司);多元素校准标准溶液(10 mg/L, Ba、Ca、Co、Cu、Fe、K、Li、Mg、Mn、Ni、Se、P、V 和 Zn)、内标溶液(10 mg/L, Li、Sc、Ge、Y、In、Tb 和 Bi)和调谐溶液(1.0 ng/L, Li、Y、Ce、

Tl 和 Co)(美国 Agilent 公司)。

2.3 实验方法

2.3.1 海参预处理

取干海参样品于蒸馏水中浸泡 24 h,中间换水 2 次,然后将海参剖开,去掉嘴处石灰质和杂质,然后清洗、烘干、磨粉处理,过 40 目筛备用。

2.3.2 蛋白质含量测定

粗蛋白含量按照 GB 5009.5-2016 中凯氏定氮法^[16]进行测定。

2.3.3 灰分含量测定

灰分含量按照 GB 5009.4-2016 中高温灼烧法^[17]进行测定。

2.3.4 海参多糖含量测定

海参多糖含量采用亚甲基蓝比色法^[18]进行测定。

2.3.5 氨基酸组成测定

氨基酸组成按照 GB 5009.124-2016^[19]采用氨基酸自动分析仪进行测定。

2.3.6 无机元素含量测定

参照孙耀帆等^[20]的方法并略作修改。准确称取 0.500 g 样品于微波消解罐中,加入 3 mL HNO₃ 与 1 mL H₂O₂,混匀后静置 24 h,补加 1 mL HNO₃,微波消解,过夜。转移消解液并定量至 50 g,充分混匀待测。采用国家生物标准物质(GBW07604)作为质量控制标准,设置测定样品空白。用 5% HNO₃ 溶液梯度稀释混合标准溶液至 0、5、10、20、40 和 100 ng/mL,绘制标准曲线,采用碰撞/反应池电感耦合等离子体质谱仪分别测定标准物质、空白样品以及待测样品。

2.4 数据处理

采用 SPSS18 软件进行数据统计分析,所有指标均平行测定 3 次,结果以平均值±标准偏差表示。

3 结果与分析

3.1 主要营养成分

暗色等刺参中的主要营养成分为蛋白质、海参多糖和灰分,3 种成分占干参总质量的 99.41%。赵玲等^[11]对国内市场上的 10 种进口海参的营养组成进行分析,发现 10 种海参的蛋白质含量在 73.58%~87.20%范围内,灰分含量在 4.10%~8.72%范围内。暗色等刺参中的蛋白和灰分含量分别为 83.35%和 8.02%(表 1),属于蛋白、灰分含量均较高的品种。海参体壁中的蛋白质主要为胶原蛋白^[21],其含量及生化性质与海参加工特性密切相关。暗色等刺参中蛋白质含量较高,可能会影响即食型产品的加工与贮运。

海参多糖又称“海参黏多糖”、“海参硫酸多糖”或“海参蛋白多糖”,是海参中一类重要的活性成分,已证实具有抗肿瘤、抗辐射、抗凝血、抗疲劳等多种功效。仿刺参是我国海参市场上的主要品种。刘淇等^[22]汇总了 2009 年至

2018 年国内外有关仿刺参营养组成的研究报道, 折算为干基进行统计, 平均海参多糖含量约为(6.97±4.31)%。赵玲等^[11]检测的国内 10 种进口海参品种的海参多糖含量为 7.86%~13.15%。暗色等刺参的海参多糖含量为 8.04%, 在进口海参中属于海参多糖含量相对较低的品种, 但明显高于国内仿刺参中的多糖含量。

表 1 暗色等刺参主要营养成分(以干基计)
Table 1 Main nutrients of *I. fuscus* (In dry basis)

成分	含量/%
粗蛋白	83.35±0.36
灰分	8.02±0.12
海参多糖	8.04±0.21

海参多糖是一类结构复杂的生物活性物质, 检测时所采用的方法对结果也有较大影响。苯酚-硫酸法、蒽酮-硫酸法是检测海参多糖含量的传统方法, 这类方法的原理是利用多糖中单糖的缩合反应, 如苯酚-硫酸法是利用多糖在硫酸的作用下先水解成单糖, 并迅速脱水生成糖醛衍生物, 然后与苯酚生成橙黄色化合物, 再通过比色法测定。另一种方法是通过检测海参多糖中特定的单糖-岩藻糖, 并基于同种海参中岩藻糖的比例较为稳定, 通过岩藻糖含量换算出海参多糖的含量。另外, 还有同位素标记法、琼脂电泳扫描法、凝胶色谱法、纸层析色谱法等, 可以在一定程度上提高海参多糖检测的准确性。还有一类方法是利用异染性染料与多糖离子结合的原理, 如亚甲基蓝、阿利新蓝、甲苯胺蓝等, 此类方法操作简单, 对设备要求较低, 常用于海参多糖的定性与定量分析, 如续晓琪等^[23]利用次甲基蓝与阴离子聚合物形成显色的超分子复合物的原理, 建立了海参硫酸软骨素的定量方法, 精密度、回收率均较高, 可以实现快速定量测定。本文采用的亚甲基蓝比色法即属于此类方法。

3.2 氨基酸组成分析

蛋白质的营养价值很大程度上取决于氨基酸的种类及其含量, 如谷氨酸是脑组织生化代谢中重要的氨基酸, 参与多种物质的合成; 天门冬氨酸可以改善心肌收缩, 具有保护心肌的作用; 丙氨酸是大部分幼年哺乳动物生长发育所必需的氨基酸; 脯氨酸是构成胶原蛋白的重要组成成分。暗色等刺参的氨基酸组成丰富(表 2), 含量最高的 3 种氨基酸依次为甘氨酸、谷氨酸、丙氨酸, 含量较低的氨基酸依次为组氨酸、蛋氨酸、苯丙氨酸。仿刺参中含量较高的氨基酸依次是甘氨酸、丙氨酸、天门冬氨酸, 组氨酸、蛋氨酸、酪氨酸含量相对较低^[24]。暗色等刺参与仿刺参在氨基酸组成上有一定差异, 这可能主要与海参品种有关。赵玲等^[11]发现 10 种进口海参在氨基酸组成同样存在很大差异。

暗色等刺参必需氨基酸总量为 17.65%, 低于仿刺参

的 21.16%^[24]; 必需氨基酸与氨基酸总量的比值(EAA/TAA)为 23.50%, 同样低于仿刺参(EAA/TAA 38.35%)。暗色等刺参中的鲜味氨基酸和药效氨基酸含量较高, 分别为 43.96%和 38.01%, 而仿刺参中鲜味氨基酸和药效氨基酸分别为 30.86%和 33.66%, 这表明暗色等刺参在食用风味与功效方面可能更具优势。

表 2 暗色等刺参氨基酸组成(以干基计)
Table 2 Amino acid composition of *I. fuscus* (In dry basis)

种类	含量/%
天门冬氨酸 Asp ^{Aa}	7.37±0.22
苏氨酸 Thr*	4.32±0.13
丝氨酸 Ser	3.10±0.17
谷氨酸 Glu ^{Aa}	10.30±0.65
甘氨酸 Gly ^{Aa}	12.46±0.36
丙氨酸 Ala ^A	7.91±0.30
半胱氨酸 Cys	1.89±0.02
缬氨酸 Val*	3.13±0.21
蛋氨酸 Met*	1.28±0.04
亮氨酸 Ile*	2.05±0.21
异亮氨酸 Leu*	3.24±0.33
酪氨酸 Tyr ^a	1.96±0.19
苯丙氨酸 Phe*	1.62±0.17
赖氨酸 Lys*	2.01±0.14
组氨酸 His	1.21±0.03
精氨酸 Arg ^{Aa}	5.92±0.33
脯氨酸 Pro	5.34±0.40
必需氨基酸总量 EAA	17.65
氨基酸总量 TAA	75.10
鲜味氨基酸	43.96
药效氨基酸	38.01

注: *EAA 为必需氨基酸, A 为鲜味氨基酸, a 为药效氨基酸。

3.3 常量元素含量分析

暗色等刺参常量元素中以 Ca 含量最高, Mg 次之, P 和 K 含量较低, 见表 3, 这与仿刺参的常量无机元素组成类似, 但 K 含量显著偏低。无机元素是人体不可缺少的机体构成要素。如 Ca 和 P 有助于缓解大脑疲劳、预防婴幼儿佝偻病、预防成人骨质疏松症等, 对骨骼异常、牙釉质发育不良等也有很好的改善作用; Mg 在神经肌肉的机能正常运作、血糖转化等过程中扮演着重要角色; K 对调节人体神经系统功能有很好的作用。

表3 暗色等刺参常量无机元素含量(以干基计)
Table 3 Contents of major mineral elements in *I. Fuscus*
(In dry basis)

元素	含量/(g/kg)	
	暗色等刺参	仿刺参 ^[24]
Mg	5.45	8.56
K	0.16	5.45
P	0.46	未检测
Ca	18.21	15.12

3.4 微量元素含量分析

暗色等刺参微量无机元素中 Fe 含量最高, Zn 次之(表4), 这与仿刺参类似, 但含量明显偏高。Fe 和 Zn 是人体需求量最多的微量元素。Fe 在氧气运输、细胞生长和神经递质合成方面发挥重要作用; Zn 是多种酶的重要组成部分, 能刺激金属硫蛋白和核酸的合成, 与智力发育密切相关。其它几种微量元素虽含量较低, 但同样具有重要的生理功能, 如 Cu 具有高亲和性, 能治疗威尔森氏症; Se 是人体必需的矿物质营养素, 对提高人体免疫力, 增强生殖功能有重要作用; V 可以影响体内脂肪的代谢过程, 具有预防脂肪肝形成的作用, 并且能把机体中的铁运输到肝脏, 促进铁的吸收, 形成血红蛋白。

表4 暗色等刺参微量无机元素含量(以干基计)
Table 4 Contents of trace mineral elements in *I. fuscus*
(In dry basis)

元素	含量/(mg/kg)	
	暗色等刺参	仿刺参 ^[24]
V	0.5	未检测
Mn	9.1	6.3
Fe	356.2	85.5
Co	0.1	未检测
Ni	1.4	未检测
Cu	4.6	3.2
Zn	57.4	39.1
Se	1.9	未检测
Ba	3.3	未检测

4 结论

暗色等刺参蛋白质含量高, 氨基酸组成丰富, 富含鲜味氨基酸和药效氨基酸; 海参多糖含量为 8.04%, 在进口海参中属于海参多糖含量相对较低的品种; 无机元素组成与仿刺参类似, 常量无机元素中以 Ca 含量最高, Mg 次之;

微量无机元素中 Fe 和 Zn 含量较高。暗色等刺参是一种营养价值较高的海参品种, 具有开发利用的市场前景。

参考文献

- [1] Liao LY. Chinese sea cucumbers [J]. Bull Biol, 2001, (35): 1-4.
- [2] 姜健, 杨宝灵, 邵阳. 海参资源及其生物活性物质的研究[J]. 生物技术通讯, 2004, 15(5): 537-540.
Jiang J, Yang BL, Tai Y. Studies on resources and bioactive substances of sea cucumber [J]. Lett Biotechnol, 2004, 15(5): 537-540.
- [3] 蔡彬新, 吴成业. 海参多糖的分离纯化方法及其主要生物活性[J]. 渔业研究, 2008, (3): 70-74.
Cai BX, Wu CY. Separation and purification method of sea cucumber polysaccharide and its main biological activity [J]. Fish Res, 2008, (3): 70-74.
- [4] Olivera-Castillo L, Grant G, Kantún-Moreno, *et al.* Sea cucumber (*Isostichopus badionotus*) body-wall preparations exert anti-inflammatory activity, *in vivo* [J]. Pharm Nutr, 2018, 6(2): 74-80.
- [5] Kolset SO, Salmivirta M. Cell surface heparin sulfate proteoglycans and lipoprotein metabolism [J]. Cell Mol Life Sci, 1999, (56): 857.
- [6] Hernández-Sámamo AC, Hernández-Ledesma B. Release of antioxidant peptides from the body wall proteins of the sea cucumber *Isostichopus fuscus* [J]. Nat Prod Commun, 2015, 10(8): 1427.
- [7] Zhong Y, Khan MA, Shahidi F. Compositional characteristics and antioxidant properties of fresh and processed sea cucumber (*Cucumaria frondosa*) [J]. J Agric Food Chem, 2007, 55(4): 1188-92.
- [8] Pangestuti R, Arifin Z. Medicinal and health benefit effects of functional sea cucumbers [J]. J Tradit Complem Med, 2018, 8(3): 341-351.
- [9] 宋志东, 王际英, 王世信, 等. 不同生长发育阶段刺参体壁营养成分及氨基酸组成比较分析[J]. 水产科技情报, 2009, 36(1): 11-13.
Song ZD, Wang JY, Wang SX, *et al.* Comparative analysis of nutrient composition and amino acid composition of sea cucumber in different growth stages [J]. Aquatic Sci Technol Inf, 2009, 36(1): 11-13.
- [10] 王哲平, 刘淇, 曹荣, 等. 野生与养殖刺参营养成分的比较分析[J]. 南方水产科学, 2012, 8(2): 64-70.
Wang ZP, Liu Q, Cao R, *et al.* Comparative analysis of nutritive composition between wild and cultured sea cucumber *Apostichopus japonicus* [J]. South China Fish Sci, 2012, 8(2): 64-70.
- [11] 赵玲, 马红伟, 曹荣, 等. 10种海参营养成分分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2016, 7(7): 2867-2872.
Zhao L, Ma HW, Cao R, *et al.* Analysis of nutritional component in 10 kinds of sea cucumbers [J]. J Food Saf Qual, 2016, 7(7): 2867-2872.
- [12] Toral-Granda MV, Martínez PC. Reproductive biology and population structure of the sea cucumber *Isostichopus fuscus*, (Ludwig, 1875) (Holothuroidea) in Caamaño, Galápagos Islands, Ecuador [J]. Marine Biol, 2007, 151(6): 2091.
- [13] Sonnenholzner JI, Searcy-Bernal R, Panchana-Orrala M. The potential for propagation of the commercial sea cucumber *Isostichopus fuscus* (Ludwig, 1875) by induced transverse fission [J]. Region Stud Marine Sci Marine Biol, 2007, 151(6): 2091.
- [14] Hearn A, Priscilla M, Toral-Granda MV, *et al.* Population dynamics of the exploited sea cucumber *Isostichopus fuscus* in the western Galapagos Islands Ecuador [J]. Fish Oceanogr, 2010, 14(5): 377-385.
- [15] Glockner-Fagetti A, Calderon-Aguilera LE, María D, *et al.* Density

- decrease in an exploited population of brown sea cucumber *Isostichopus fuscus*, in a biosphere reserve from the Baja California peninsula, Mexico [J]. *Ocean Coastal Manag*, 2016, (121): 49–59.
- [16] GB 5009.5-2016 食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定[S].
GB 5009.5-2016 National food safety standard-Determination of protein in food [S].
- [17] GB 5009.4-2016 食品安全国家标准 食品中灰分的测定[S].
GB 5009.4-2016 National food safety standard-Determination of ash in food [S].
- [18] 王泽文, 冷凯良, 翟毓秀, 等. 亚甲基蓝比色法测定海参不同组织酸性黏多糖含量[J]. *海洋科学*, 2011, 35(3): 77–82.
Wang ZW, Leng KL, Zhai YX, *et al.* Determination of acidic mucopolysaccharide content in different tissues of sea cucumber by methylene blue colorimetric method [J]. *Marine Sci*, 2011, 35(3): 7782.
- [19] GB 5009.124-2016 食品中氨基酸的测定[S].
GB 5009.124-2016 Determination of amino acids in food [S].
- [20] 孙耀帆, 李群, 江志刚, 等. 电感耦合等离子体质谱法测定花生中 34 种元素[J]. *分析实验室*, 2012, 31(6): 108–112.
Sun YF, Li Q, Jiang ZG, *et al.* Study on determination of 34 elements in peanuts by inductively coupled plasma mass spectrometry [J]. *Lab Anal*, 2012, 31(6): 108–112.
- [21] Saito M, Kunisaki N, Urano N, *et al.* Collagen as the major edible component of sea cucumber (*Stichopus japonicus*) [J]. *J Food Sci*, 2010, 67(4): 1319–1322.
- [22] 刘淇, 曹荣, 王宇夫. 神奇的海参[M]. 北京: 中国农业出版社, 2019.
Liu Q, Cao R, Wang YF. *Magical sea cucumber* [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2019.
- [23] 续晓琪, 薛长湖, 张翠玉, 等. 次甲基蓝显色法定量海参硫酸软骨素[J]. *食品科学*, 2013, 34(22): 246–249.
Xu XQ, Xue CH, Zhang CY, *et al.* Determination of chondroitin sulfate from sea cucumber by methylene blue colorimetry [J]. *Food Sci*, 2013, 34(22): 246–249.
- [24] 王哲平, 刘淇, 曹荣, 等. 野生与养殖刺参营养成分的比较分析[J]. *南方水产科学*, 2012, 8(2): 64–70.
Wang ZP, Liu Q, Cao R, *et al.* Comparative analysis of nutritive composition between wild and cultured sea cucumber *Apostichopus japonicus* [J]. *South China Fish Sci*, 2012, 8(2): 64–70.

(责任编辑: 武英华)

作者简介



刘胜男, 主要研究方向为水产品加工与高值化。

E-mail: 17864271332@163.com



刘淇, 研究员, 主要研究方向为水产品加工与质量安全。

E-mail: liuqi@ysfri.ac.cn