

双齿围沙蚕的营养成分与食用安全

林涛¹, 杨寅², 王素敏³, 贺青³, 林建云³

(1. 国家海洋局南海规划与环境研究院, 广东 广州 510300; 2. 中山大学环境科学与工程学院, 广东 广州 510275;
3. 国家海洋局第三海洋研究所, 福建 厦门 361005)

摘要:本文对福建近海天然与养殖的双齿围沙蚕(*Perinereis aibuhitensis*)进行基本成分、氨基酸、脂肪酸、矿物元素以及沙蚕毒素进行测定. 结果表明, 不论是天然或是养殖的, 双齿围沙蚕均富含粗蛋白质(>60%, 干基)和氨基酸(TAA: 54.27%~56.80%); 必需氨基酸(EAA/TAA约37%, EAA/NEAA \geq 0.58)基本符合联合国粮农组织(FAO)、世界卫生组织(WHO)推荐的理想蛋白模式; 呈味氨基酸所占的比例(FAA/TAA约45%)也较高. 其油脂含量为9.9%~12.5%, 且脂肪酸中富含n-3 PUFAs. 双齿围沙蚕体所含的必需矿物元素种类齐全, Fe、Zn、I、Se等含量丰富; 而有毒元素(Pb、Hg、Cd、总As与无机砷)的含量却较其它海洋水产动物低. 沙蚕毒素的分析结果表明, 新鲜的双齿围沙蚕均含有沙蚕毒素(1.68~2.42 mg/kg), 而经80℃以上烘干或煮熟后的NTX为未检出. 因此, 不论是天然的还是养殖的双齿围沙蚕均属于高蛋白质, 且富含n-3 PUFAs和微量必需.

关键词:海洋生物学; 双齿围沙蚕; 营养成分; 沙蚕毒素; 食用安全

DOI:10.3969/J. ISSN. 2095-4972. 2016. 03. 013

中图分类号: P735

文献标识码: A

文章编号: 2095-4972(2016)03-0412-06

沙蚕在分类学上属于环节动物门, 多毛纲, 游走目, 沙蚕科. 我国近海沙蚕种类约80余种, 作为养殖种类主要有日本刺沙蚕(*Neanthes japonica*)、多齿围沙蚕(*Perinereis nuntia*)和双齿围沙蚕(*Perinereis aibuhitensis*). 沙蚕属于对生长环境的适应性强的底栖生物, 以动植物的碎块、腐屑为食, 对养殖环境具有明显的修复作用^[1-2]; 适宜于规模化养殖或与其它海生动植物混养.

双齿围沙蚕, 又称海蚯蚓、海蜈蚣等. 双齿围沙蚕肉质脆嫩、味道鲜美; 其干制品煮汤时汤白如牛奶, 风味极为鲜美; 其富含蛋白质、微量元素, 氨基酸、脂肪酸组成齐全、结构合理, 营养价值高, 深受国内外消费者的青睐. 在我国沿海, 沙蚕还是一种食疗兼优的“海味”佳肴^[3-4]. 据报道, 多齿围沙蚕具有“补脾胃, 生血利湿, 行小便”之功效, 还具有调节血脂、降低血液粘稠度, 预防脑血栓和脑梗塞的“清道夫”之誉称. 现代科学研究表明, 沙蚕中不仅含有具抗氧化活性的小分子多肽活性物质^[5], 还含有极强纤维蛋白溶解活性的沙蚕蛋白酶——具有显

著血小板聚集的抑制作用, 以及改变血液流动性的功能特征^[6-9]. 近些年来, 还从双齿围沙蚕中提取分离出对宫颈癌Hela细胞、黑色素瘤A375细胞、人肺癌SPC-A-1细胞增殖具有抑制作用的生物活性物质^[10-12]. 本文就天然与养殖的双齿围沙蚕营养成分进行了分析, 对新鲜与烘干、熟化的样品进行沙蚕毒素的测定; 并根据测定结果对其食用安全进行评价. 以期为促进沙蚕养殖业及其食品加工业提供科学依据.

1 材料与方法

1.1 材料

实验所用的养殖双齿围沙蚕采自于福建东山岛西屿养殖场, 天然双齿围沙蚕采自厦门同安湾潮间带. 采集的沙蚕样品先于沉淀后的海水中暂养24 h, 让其尽量吐出泥沙后, 再用自来水清洗三遍, 沥干, 分别装入样品袋置于冰箱中冷藏储存(一周内仍存活). 部分样品置于烘箱、控制在80℃烘至恒重, 另一部分冻存.

1.2 方法

1.2.1 基本成分分析 水份:以 105℃ 直接烘至恒重测定;灰分:以 550℃ 直接灼烧至恒重测定;粗蛋白含量:以半微量凯氏定氮法测定;粗脂肪:以索氏提取法测定^[13];碳水化合物:采用差减法计算表示。

1.2.2 氨基酸、脂肪酸测定 氨基酸含量:采用酸水解法、日立 L-8800 氨基酸自动分析仪(GB/T 5009.124—2003)^[14]进行测定;脂肪酸含量:采用脂肪胺甲酯化、气相色谱分析法(GB/T 17377—2008)测定^[15]。

1.2.3 矿物元素分析 沙蚕中矿物元素的含量:钾、钠、铜、铁、锌、锰、钙、镁以火焰原子吸收法进行测定;铅、镉、碘以石墨炉原子吸收法测定;磷以分光光度法进行测定;总砷、无机砷用原子荧光光谱法进行测定;总汞、有机汞采用冷原子吸收法、气相色谱法进行测定;硒用荧光分光光度法进行测定^[13]。

1.2.4 NTX(Nereistoxin)测定方法 称取经搅拌机切碎后的新鲜双齿围沙蚕样品和煮熟样品各约 25 g,以及经粉碎后烘干样品(80℃ 烘干)约 5 g,各加入 25 cm³ 含 2.5% (V/V) 醋酸和 1% (m/m) NaCl

溶液于 45℃ 水浴 30 min. 离心,洗涤沉淀物,合并液相.液相经真空浓缩、乙醚提取脱脂后,以氯仿提取沙蚕毒素.加入草酸乙醚溶液,使之形成沙蚕毒素草酸盐沉淀物.沉淀物用 30% (V/V) 甲醇溶解、定容;以沙蚕毒素草酸盐(纯度:99.5%)为标准,用 GC/MS 法进行测定^[16]。

2 结果与讨论

2.1 基本成分

来源于东山岛西屿养殖场养殖的双齿围沙蚕,以及从厦门同安湾潮间带所采挖的天然双齿围沙蚕的鲜体含水量、干基基本成分的测定结果如表 1 所示.新鲜沙蚕的含水量约在 80% 左右;沙蚕干物质中均富含粗蛋白质(CP > 60.00%),天然沙蚕的粗蛋白质含量(62.40%)略高于养殖沙蚕(60.65%);灰分含量亦然.而粗脂肪的含量则养殖沙蚕(12.49%)略高于天然沙蚕(9.86%);二者的碳水化合物含量基本一致.已有研究表明,双齿围沙蚕中碳水化合物以多糖和糖醛酸为主要,总糖、还原糖仅占其中 5% 左右^[17]。

表 1 二种双围齿沙蚕的基本成分

Tab. 1 Basic nutritional components of two kinds of *P. aibuhitensis*

样品来源	鲜体含水量/%	基本成分含量(干基)/%			
		粗蛋白质	粗脂肪	灰分	碳水化合物
养殖双齿围沙蚕	78.6	60.65	12.49	10.30	16.56
天然双齿围沙蚕	80.2	62.40	9.86	11.25	16.49

2.2 蛋白质的氨基酸组成

养殖与天然的双齿围沙蚕(干基)蛋白质的氨基酸组成与含量的测定结果于表 2. 由于色氨酸(Try)在浓盐酸水解过程中被分解而未能被测定,17 种氨基酸总量(TAA)分别为: 54.27% (养殖)和 56.80% (天然);TAA 与其 CP 的含量比值达 89.5% 和 90.9%. 7 种必需氨基酸(EAA: Lys、Met、Phe、Val、Leu、Ile 和 Thr)含量之和与氨基酸总量的比值(EAA/TAA)均接近 37%;EAA/NEAA(非必需氨基酸)分别为 0.58 和 0.59. 结果说明,不论是天然的还是养殖的双齿围沙蚕,其蛋白质的氨基酸组成均基本符合联合国粮农组织(FAO)、世界卫生组织(WHO)推荐的理想蛋白(EAA/TAA 在 40% 左右, EAA/NEAA ≥ 0.6)模式的要求. 二种样品的呈味氨基酸(FAA: Glu、Asp、Ala、Gly 和 Pro)总量与 TAA 的比值均接近 45% 的结果也说明:不论是天然还是养殖的双齿围沙蚕均具有良好的膳食鲜味效果。

表 2 二种双齿围沙蚕中蛋白质的氨基酸组成

Tab. 2 Contents and proportion of amino acid of two kinds of *P. aibuhitensis*

项目	氨基酸组成(干基)/%	
	养殖沙蚕	天然沙蚕
天门冬氨酸(Asp)	5.04	5.12
苏氨酸(Thr)	2.38	2.44
丝氨酸(Ser)	2.04	2.02
谷氨酸(Glu)	8.96	9.14
甘氨酸(Gly)	3.30	3.71
丙氨酸(Ala)	4.75	4.46
胱氨酸(Cys)	0.90	1.02
缬氨酸(Val)	2.56	2.80
蛋氨酸(Met)	1.74	1.79
异亮氨酸(Ile)	2.29	2.33
亮氨酸(Leu)	3.85	4.11
酪氨酸(Tyr)	1.73	1.85

续表 2

氨基酸	氨基酸组成(干基)/%	
	养殖沙蚕	天然沙蚕
苯丙氨酸(Phe)	2.67	3.02
赖氨酸(Lys)	4.43	4.61
组氨酸(His)	1.63	1.62
精氨酸(Arg)	3.64	3.75
脯氨酸(Pro)	2.36	3.01
氨基酸总量(TAA)	54.27	56.80
TAA/CP	89.48	90.94
必需氨基酸总量(EAA)	19.94	21.00
EAA/TAA	36.74	36.97
呈味氨基酸总量(FAA)	24.41	25.44
FAA/TAA	44.98	44.79

2.3 脂肪酸含量

对养殖与天然的双齿围沙蚕所提取油脂进行脂肪酸含量测定(表 3)。8 种饱和脂肪酸(SFAs)均以棕榈酸(C 16:0;养殖沙蚕为 24.6%,天然沙蚕为 21.9%)为主要,硬脂酸(C 18:0)次之。饱和脂肪酸总量(\sum SFAs)为 30.25%~32.60%;养殖沙蚕的饱和脂肪酸含量略比天然沙蚕为高。

在所检测出的 11 种不饱和脂肪酸(UFAs)中,3 种为单烯不饱和脂肪酸(MUFAs)。MUFAs 均以油酸(C 18:1)的含量为高(养殖沙蚕:18.5%,天然沙蚕:21.2%),棕榈油酸(C 16:1)、花生烯酸(C 20:1)相对较低。8 种多烯不饱和脂肪酸(PUFAs)中以亚油酸的含量(C 18:2 n-6)为最高;3 种具有生理活性与保健功能的 n-3 PUFAs 占 \sum PUFAs 的比例为 31%~37%;EPA(C 20:5 n-3)/ \sum PUFAs 均>22%,DHA(C 22:6 n-3)也占 5.8%~10.8%。因此,双齿围沙蚕的脂肪酸具有较好的营养价值。

2.4 矿物元素

生命必需矿物元素按其在机体的含量分为常量元素和微量元素,对于机体都有其重要的生理功能。机体在其新陈代谢过程中不断地消耗一定量的必需元素;不论是常量元素或微量元素,其缺乏或过量都将影响机体的健康。从养殖与天然的双齿围

沙蚕的必需矿物元素含量测定结果(表 4)可以看出,人体所必需的 5 种常量元素(K、Na、Ca、Mg、P)与 5 种微量元素 Zn、Fe、Mn、I、Se 的含量均十分丰富,且二者之间没有太大的差异。常量元素以 K 为高, Ca 与 Na 次之, P 与 Ca 的比例较为合理。微量元素的含量以 Fe 为最高, Zn 次之;且对人体健康具有重要生理功能作用的 Se 和 I 的含量明显高于陆生动植物。这些有异于陆生食物的必需元素对于人体的补充与平衡将会发挥良好的营养效果。

表 3 二种双齿围沙蚕油脂脂肪酸组成及含量

Tab.3 Contents of fatty acid in the lipid of two kinds of *P. aibuhitensis*

脂肪酸	含量/%	
	养殖	天然
C 14:0	0.66	0.24
C 15:0	0.45	0.20
C 16:0	24.70	21.90
C 16:1	2.12	2.35
C 17:0	0.26	0.60
C 18:0	4.81	4.22
C 18:1	18.50	21.20
C 18:2 (n-6)	8.92	11.30
C 18:3 (n-6)	3.30	2.79
C 20:0	0.22	0.20
C 20:1 (n-9)	1.43	2.15
C 20:2 (n-6)	5.17	3.69
C 20:4 (n-6)	3.54	4.40
C 20:5 (n-3)	6.96	7.88
C 21:0	1.50	2.34
C 22:0	-	0.55
C 22:5 (n-3)	0.69	1.42
C 22:6 (n-3)	1.76	3.80
\sum SFAs	32.60	30.25
\sum MUFAs	20.05	25.70
\sum PUFAs	30.34	35.28

表 4 双齿围沙蚕中人体必需矿物元素的含量

Tab.4 Minerals contents of two kinds of *P. aibuhitensis*

样品来源	常量元素含量(干基)/mg·g ⁻¹					微量元素含量(干基)/mg·kg ⁻¹				
	K	Na	Ca	Mg	P	Fe	Zn	Mn	I	Se
养殖	14.4	11.00	13.90	0.15	8.23	619	62.2	28.5	44.8	2.22
天然	12.9	9.86	9.75	0.24	8.10	526	83.0	33.2	86.0	2.46

有害金属的测定结果(表 5)表明,不论是养殖的还是天然的双齿围沙蚕,其体内的 Cu、Pb、Cd、Hg、总砷和无机砷含量均较其它底栖动物低;且养殖的双齿围沙蚕比天然的含量更低.若以鲜活样计,均低于《农产品安全质量 无公害水产品安全要求》^[18]限量指标(有毒、有害物质最高限量:Cu ≤ 50 mg/kg, Pb ≤ 0.5 mg/kg, Cd ≤ 0.1 mg/kg, Hg ≤

0.3 mg/kg, As ≤ 0.5 mg/kg)的规定.干制品的有害金属含量也符合《动物性水产干制品卫生标准》^[19]理化指标的要求.在有害金属的含量中,Cu 的含量虽为最高,以鲜活样计为 0.96 mg/kg(养殖)和 2.89 mg/kg(天然),均远低于有害物质的最高限量值;且 Cu 是人体必需微量元素,其微量存在对人体的健康是有益的.

表 5 双围齿沙蚕中有害元素的含量

Tab.5 Harmful Elems contents of two kinds of *P. aibuhitensis*

样品来源	含量(干基)/mg · kg ⁻¹					
	Cu	Pb	Cd	总砷(As)	无机砷(As)	总汞(Hg)
养殖	4.27	0.24	0.26	0.18	0.02	0.022
天然	14.60	0.39	0.31	0.34	0.05	0.045

2.5 沙蚕毒素

沙蚕毒素(NTX, 4-Dimethylamino-1, 2-dithiolane)是 1934 年日本医生新田清三郎(S. Nitta)首先从环节动物异足索沙蚕中分离得到的一种神经毒素,可通过中枢神经系统的神经节传导使昆虫麻痹瘫痪或死亡^[20-21].20 世纪 60 年代,NTX 开始引起人们的关注,并研制、筛选出一系列广谱、高效、低毒、仿生的沙蚕毒素类杀虫剂^[22]取代了以往的高毒性农药.沙蚕类动物体内含有 NTX,然而,我国沿海居民在长期食用沙蚕的历史中,从未发生因之中毒的现象;海军医学研究所何颖等(2009)对以沙蚕为原料制备的胶囊进行毒理学试验也未发现其毒副作用^[23].为此,我们拟对新鲜的及其经过热处理后的双齿围沙蚕样品进行 NTX 含量测定.

以天然的和养殖的新鲜双齿围沙蚕样品,及其烘干样品(经 80℃ 烘干)和煮熟样品(切碎,煮沸 5 min),粉碎后与 2.5% 醋酸分二次各共煮 15 min,离心获取提取物;提取物再经醇洗、醚脱脂、草酸沉淀等程序后,以沙蚕毒素草酸盐(纯度:99.5%)为标准,用 GC/MS 法进行测定^[16,24].结果为:天然的新鲜双齿围沙蚕含 NTX 为 2.42 mg/kg,养殖的新鲜双齿围沙蚕含 NTX 为 1.68 mg/kg;而烘干和煮沸的沙蚕样品均为未检出(<0.1 mg/dm³).实验结果说明,沙蚕毒素在经过 80℃ 以上高温处理的过程中,或许是其分子中二个具有强配位作用的巯基与

金属离子形成了稳定络合物^[25-26],或许是高温使之产生了美拉德(Maillard)反应而被降解.

为进一步证实双齿围沙蚕的毒性问题,我们随机选择了 20 只健康小白鼠分为二组,以经过 80℃ 烘干的二种双齿围沙蚕粉碎物进行 7 d 的饲喂试验.连续 7 d 试验观察,供试验的二组小白鼠没有出现死亡,也未发现中毒症状;其活动正常,毛色光泽度依旧.饲喂试验结果再次证明:经过 80℃ 以上温度烘干的双齿围沙蚕无毒副作用.

3 结论

双齿围沙蚕不论是天然或是养殖的均富含蛋白质(>60%,干基);其必需氨基酸与呈味氨基酸含量高,且结构合理.其脂肪酸中 ∑ UFAs > 50%, ∑ PUFA > 30%,含有 EPA 和 DHA.双齿围沙蚕体中所含的矿物元素种类齐全,含量丰富;尤其是富含人体必需微量元素 Fe、Zn、Mn 以及陆生动植物所缺乏的 I 和 Se.

虽然新鲜双齿围沙蚕体内含有沙蚕毒素;然而实验证明,经 80℃ 以上高温处理或煮熟后,沙蚕毒素已被降解为未检出,且对试验动物无毒副作用.

因此,不论是天然的还是养殖的,双齿围沙蚕均属于高蛋白质,且氨基酸、脂肪酸、常量与微量元素组成齐全、结构合理的营养性高的海洋食品.

参考文献:

- [1] 徐永健,卢光明,葛奇伟.多齿围沙蚕对围塘养殖沉积物氮磷的影响[J].水产学报,2011,35(1):88-94.
- [2] 牛俊翔,蒋玫,李磊,等.滩涂贝类养殖区底质硫化物的去除及修复[J].农业环境科学学报,2013,32(7):1467-1472.
- [3] 林长华.海里的“冬虫夏草”[J].中国水产,2008(8):78-79.
- [4] Huang M. The development and utilization of *Perinereis aibuhitensis*[J]. Modern Fisheries Information, 1991, 6(4): 16-18.

- [5] 黄琳, 段磊, 李荣贵, 等. 沙蚕提取物的抗氧化活性研究[J]. 中国海洋药物杂志, 2007, 26(2): 19-22.
- [6] 闫志勇, 王斌, 宋旭霞, 等. 一株具有纤维蛋白溶解活性的海单胞菌的分离与鉴定[J]. 中国生物制品学杂志, 2007, 20(10): 717-732.
- [7] 邓志会, 孙贺, 林岩, 等. 一种新型具有纤溶活性的沙蚕金属蛋白酶的分离纯化及鉴定[J]. 中国生物化学与分子生物学报, 2011, 27(8): 768-774.
- [8] 张云龙, 洪敏, 王艳萍, 等. 一种新的沙蚕纤溶酶的纯化、活性鉴定及部分分子特征[J]. 吉林大学学报: 医学版, 2007, 33(2): 301-305.
- [9] 白若伦, 李齐, 刘佳, 等. 沙蚕蛋白酶对血小板聚集及血液流变学的影响[J]. 中国新药杂志, 2009, 18(10): 930-933.
- [10] 李云磊, 张荣生, 李峰, 等. 沙蚕活性物质的分离提取及对 HeLa 细胞的毒性分析[J]. 福州大学学报: 自然科学版, 2014, 42(1): 149-154.
- [11] 张荣生, 李峰, 李云磊, 等. 沙蚕活性物质的提取分离及对黑色素瘤细胞 A375 的作用机理[J]. 药物生物技术, 2014, 21(5): 402-405.
- [12] 张国梅, 杨最素, 丁国芳, 等. 沙蚕活性蛋白酶诱导人肺癌 SPC-A-1 细胞凋亡的机制研究[J]. 现代食品科技, 2015(3): 6-11.
- [13] 中国预防医学科学院营养与食品卫生研究所. GB/T 5009.124—2003 食品中氨基酸的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2013.
- [14] 中华人民共和国卫生部. 食品卫生检验方法 理化部分(一)[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.
- [15] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. GB/T 17377—2008 动植物油脂肪酸甲酯的气相色谱法分析[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [16] 唐磊, 姚焕换, 罗永此, 等. 快速溶剂萃取-GC/MS 法测定全血中沙蚕毒素[J]. 中国法医学杂志, 2014, 29(1): 53-55.
- [17] 黄晓春, 苏秀榕, 苏月萍. 沙蚕和星虫的营养成分研究[J]. 水产科学, 2005, 24(6): 10-11.
- [18] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. GB 18406.4—2001 农产品安全质量 无公害水产品安全要求[S]. 北京: 中国标准出版社, 2001.
- [19] 中华人民共和国卫生部. GB 10144—2005 动物性水产干制品卫生标准[S]. 北京: 中国标准出版社, 2005.
- [20] Hashimoto Y, Okaichi T. Some chemical properties of nereistoxin[J]. Annals of the New York Academy of Sciences, 1960, 17: 667-673.
- [21] Okaichi T, Hashimoto Y. Physiological activities of nereistoxin[J]. Nihon-suisan-gakkai-shi, 1962, 28: 930-935.
- [22] 于观平, 王刚, 王素华, 等. 沙蚕毒素类杀虫剂研究进展[J]. 农药学报, 2011, 13(2): 103-109.
- [23] 何颖, 沈先荣, 蒋定文, 等. 沙蚕胶囊的毒理学实验研究[J]. 中成药, 2009, 31(10): 1626-1627.
- [24] 张晓波. 气相色谱-质谱法分析鉴定鱼体内杀虫双[J]. 理化检验: 分析化学分册, 2005, 41(9): 633-635.
- [25] 魏峰, 蒋志华, 彭云, 等. 气质联用仪技术体外评价硫酸铜解毒杀虫单的研究[J]. 中国卫生检验杂志, 2007, 17(7): 1170-1175.
- [26] 牟兰, 曾日希, 卢玉振, 等. Pb^{2+} -二氢沙蚕毒配合物性质的研究[J]. 分析实验室, 2004, 23(7): 16-17.

Nutritional analysis and food safety study of *Perinereis aibuhitensis*

LIN Tao¹, YANG Yin², WANG Su-min³, HE Qing³, LIN Jian-yun³

(1. South China Sea Institute of Planning and Environmental Research, SOA, Guangzhou 510300, China;

2. School of Environment Science and Engineering, Sun Yatsen University, Guangzhou 510275, China;

3. Third Institute of Oceanography, SOA, Xiamen 361005, China)

Abstract: Important nutrients of *Perinereis aibuhitensis* collected from cultured and in wild of Fujian sea areas were analyzed. The results indicated that both two sources of *P. aibuhitensis* have high contents of crude protein (CP > 60%, dry) and amino acids (TAA: 54.27% ~ 56.80%). The essential amino acid patterns (EAA/TAA ≈ 37%, EAA/NEAA ≥ 0.58) are in good agreement with FAO/WHO protein models. And the proportion of flavor amino acids (FAA/TAA ≈ 45%) is also high. The content of crude fat is 9.9% ~ 12.5% and the fatty acids are rich in n-3 PUFA. The tissues of *P. aibuhitensis* contain abundance of essential elements, such as Fe, Mn, Zn, I, Se and etc. However, the contents of harmful element (Pb, Hg, Cd and As) are much lower than that of other a-

quatic animals. The analysis shows that the fresh *P. aibuhitensis* contains 1.68 to 2.42 mg/kg nereistoxin (NTX) and it cannot be detected while cooking or drying over 80°C. Therefore, either wild or cultured *Perinereis aibuhitensis* is a safety and valuable sea food with rich n-3 PUFA and essential elements and high protein of better nutritious value.

Key words: marine biology; *Perinereis aibuhitensis*; nutrients; nereistoxin; food safety

DOI:10.3969/J. ISSN.2095-4972.2016.03.013

(责任编辑:肖 静)