

网络优先数字出版时间: 2016-05-17

网络优先数字出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/45.1075.N.20160517.1546.012.html>

脆壳全海笋和宽壳全海笋的营养成分分析*

Analysis of Nutritional Components in *Barnea fragilis* and *Barnea diliaia*

张婷婷^{1,2}, 李莉², 李琪³, 宋爱环², 王慧¹, 刘洪军^{2**}

ZHANG Tingting^{1,2}, LI Li², LI Qi³, SONG Aihuan², WANG Hui¹, LIU Hongjun²

(1. 山东农业大学动物科技学院, 山东泰安 271018; 2. 山东省海洋生物研究院, 青岛市海洋生物物种质资源挖掘与利用工程实验室, 山东青岛 266104; 3. 中国海洋大学海水养殖教育部重点实验室, 山东青岛 266003)

(1. College of Animal Science and Technology, Shandong Agricultural University, Tai'an, Shandong, 271018, China; 2. Laboratory of Qingdao Marine Biological Germplasm Resources Exploration and Utilization, Marine Biology Institute of Shandong Province, Qingdao, Shandong, 266104, China; 3. Key Laboratory of Mariculture, Ministry of Education, Ocean University of China, Qingdao, Shandong, 266003, China)

摘要:【目的】对脆壳全海笋(*Barnea fragilis*)和宽壳全海笋(*Barnea diliaia*)的营养价值进行综合评价和比较。【方法】采用常规营养指标测定方法对两种海笋的水管组织和内脏团组织的营养成分进行测定。【结果】两种海笋水管的水分和粗蛋白含量高于内脏团,粗脂肪和总糖的含量低于内脏团;两种海笋中,脆壳全海笋两组组织的灰分含量较高;两种海笋的水管和内脏团中均含有16种氨基酸,内脏团中必需氨基酸(Essential amino acid, EAA)占总氨基酸(TAA)比例为35.32%~35.54%,与WHO/FAO推荐模式相近,高于水管;鲜味氨基酸(Delicious amino acid, DAA)占总氨基酸的比例为40.38%~51.50%,其中谷氨酸含量最高,达到13.67%~17.05%;除宽壳全海笋的水管外,两种海笋氨基酸评分(AAS)和化学评分(CS)的第一限制氨基酸均为蛋氨酸+胱氨酸;矿物质比例均衡,Fe含量丰富。【结论】两种海笋的水管是高蛋白、低脂肪、味道鲜美、营养丰富的海产品;脆壳全海笋在补充矿物质元素、维持健康方面具有广阔的应用前景;宽壳全海笋在补充蛋白质和食用口感上更优。

关键词:脆壳全海笋 宽壳全海笋 营养成分 营养评价 水管 内脏团

中图分类号:S913 **文献标识码:**A **文章编号:**1005-9164(2016)02-0122-07

Abstract:【Objective】In order to evaluate and compare the nutritive components of the siphon and visceral mass between *Barnea fragilis* and *Barnea diliaia*.

【Methods】The conventional methods were used. 【Results】Both the content of water and crude protein in their siphons were higher than their visceral masses, however the content of fat and carbohydrate were less than visceral masses. The ash content of *Barnea fragilis* was higher than that of *Barnea diliaia*. Both *Barnea fragilis* and *Barnea diliaia* contained 16 kinds of amino acids. In their visceral masses, the ratio of essential amino acids in total amino acids was 35.32%~35.54%, which is higher than their siphons, and closed to WHO/

收稿日期: 2016-03-30

作者简介: 张婷婷(1991—),女,硕士研究生,主要从事养殖研究。

* 山东省农业良种工程重大课题项目(2014-2016)“水产经济生物物种质资源收集保护与评价”和山东省现代农业产业技术体系建设专项资金项目(SDAIT-19)资助。

** 通讯作者: 刘洪军(1964—),男,研究员,主要从事海洋生物学研究, E-mail: hongjunl@126.com。

FAO recommended mode. The ratio of flavor amino acids in total amino acids was 40.38%~51.50%. Among them, the content of Glutamic acid was the highest, reaching 13.67%~17.05%. The first limited amino acids were Methionine and Cystine according to AAS and CS rating, except in *Barnea dilaiiaia*'s siphon. The proportion of mineral elements was balanced, the content of Fe was abundant. **【Conclusion】**In conclusion, the siphon of *Barnea fragilis* and *Barnea dilaiiaia* is high protein, low fat, delicious, and nourishing seafood. *Barnea fragilis* shows a broader application prospects in the supplementary minerals and treatment of disease. *Barnea dilaiiaia* is better than *Barnea fragilis* in providing amino acids and flavor.

Key words: *Barnea fragilis*, *Barnea dilaiiaia*, nutritional composition, nutritional evaluation, siphon, visceral mass

0 引言

【研究意义】海笋科(Pholadidae)贝类是一种海生双壳类软体动物,除极个别种类能在距河口很远的淡水河流中生活以外,其余都在海洋中生活。脆壳全海笋(*Barnea fragilis*)和宽壳全海笋(*Barnea dilaiiaia*)是我国海笋科贝类的常见种类。其中,脆壳全海笋在我国四大海域均有分布,栖息于潮间带下区,多钻孔穴居;宽壳全海笋除东海海域外均有分布,多在河口附近的软泥底中潜伏生活,可潜入泥中很深。海笋科贝类的肉味鲜美,尤其是个体较大的种类,较牡蛎有过之而无不及,是优良的海产品^[1],在鲜味剂、营养保健等方面有广阔的开发应用前景。**【前人研究进展】**从食品营养学角度来看,食品中蛋白质的质量十分重要。食品蛋白质的营养价值在很大程度上取决于它们为体内合成含氮化合物所提供的必需氨基酸(Essential amino acid, EAA)的量及比例^[2]。此外,有研究表明,含硫的氨基酸通常是贝类和鱼类的第一限制性氨基酸^[2],如杂色鲍^[3]、微黄镰玉螺^[4]、菲律宾蛤仔^[5]的第一限制性氨基酸都为含硫氨基酸。动物蛋白质的鲜美在一定程度上取决于鲜味氨基酸(Delicious amino acid, DAA)的组成与含量^[6]。丰富的谷氨酸含量使得食用海笋贝类,尤其是其水管部分对于促进人体体内蛋白的合成、提高自身免疫功能、调节机体酸碱平衡以及保护肠粘膜等都有很好的作用^[7]。矿物元素是维持生命及正常新陈代谢所必需的物质,不能在人体合成,有效摄食适量的矿物元素对人体健康极为重要^[8]。按照 Hill 和 Matron^[9]提出的“理化性质相似的元素,其生物学功能是相互拮抗的”,这种拮抗作用通常发生在 Zn 与 Cu 质量比 >10 及 Zn 与 Fe 质量比 >1 时。**【本研究切入点】**目前,国内外有关宽壳全海笋的研究主要集中在其生物学特性^[10]、人工繁育^[11-12]和核型分析^[13]方面,鲜见有关其营养价

值的研究报道,脆壳全海笋则未见任何报道。**【拟解决的关键问题】**对脆壳全海笋和宽壳全海笋的水管和内脏团组织进行营养成分分析和比较,对比两种海笋水管和内脏团的一般营养成分含量,氨基酸组成和比例及矿质元素的组成,探究两种海笋对人类的利用价值,以期海笋科贝类的种质资源保护、大规模开发和综合利用等提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 材料

脆壳全海笋和宽壳全海笋均于2015年4月购自山东省青岛市胶州水产市场。脆壳全海笋新鲜样品30个,贝壳长 (53.54 ± 2.43) mm,体质量 (78.20 ± 1.50) g;宽壳全海笋新鲜样品30个,贝壳长 (96.25 ± 1.87) mm,体重 (123.34 ± 2.82) g。将鲜活样品解剖后,分别分离出内脏团、水管两部分,用滤纸吸干表面水分,称重后捣碎匀浆,用于一般营养成分测定及氨基酸和矿质元素的测定。

1.2 测定方法

1.2.1 一般营养成分

水分分析参考 GB 5009.3—2010 直接干燥法;灰分分析参考 GB 5009.4—2010 食品中灰分的测定法;粗蛋白分析参考 GB 5009.5—2010 凯氏定氮法;粗脂肪分析参考 GB/T 5009.6—2003 索氏抽提法;总糖参考 GB 28050—2011,以食品总质量为100,减去蛋白质、脂肪、水分、灰分的质量所得。

1.2.2 氨基酸

氨基酸测定参考 GB/T 5009.124—2003,样品经6 mol/L HCL 水解,水解时充氮气24 h 采用日立 L-8900 氨基酸分析仪测定16种氨基酸,色氨酸、胱氨酸未检测。

1.2.3 矿物元素

样品采用硝酸高氯酸法消解后,再采用电感耦合等离子体原子发射光谱法(ICP-AES)测定钾、钠、

钙、镁、铁、锌、锰和铜的含量。

1.3 评价方法

贝肉营养价值评价方法:根据 FAO/WHO 于 1973 年建议的每克氮氨基酸评分标准模式^[14]和中国预防医学科学院营养与食品卫生研究所提出的鸡蛋蛋白质模式^[15]进行比较,氨基酸评分(AAS)、化学评分(CS)和必需氨基酸指数(EAAI)按以下公式求得:

$$\text{AAS} = (\text{试验蛋白质氨基酸含量} / \text{FAO 评分模式中同种氨基酸含量}) \times 100;$$

$$\text{CS} = (\text{试验蛋白质氨基酸含量} / \text{鸡蛋蛋白质中同种氨基酸含量}) \times 100;$$

$$\text{EAAI} = [(\text{赖氨酸}^t / \text{赖氨酸}^s) \times 100 \cdots \cdots \times (\text{缬氨酸}^t / \text{缬氨酸}^s) \times 100]^{1/n}.$$

式中, n 表示比较的氨基酸数, t 表示样品蛋白质含量, s 表示鸡蛋蛋白质含量。

2 结果与分析

2.1 一般营养成分的组成和分析

如表 1 所示,两种海笋水管中水分含量较高,高于内脏团组织,且高于华贵栉孔扇贝^[16]、太平洋牡蛎^[17]、四角蛤蜊^[18]、波纹巴非蛤^[19];粗脂肪含量较低,与杂色蛤^[20]、波纹巴非蛤^[19]相接近,显著低于内脏团,且低于其它所列贝类;总糖含量显著低于内脏团,且低于华贵栉孔扇贝^[16]、四角蛤蜊^[18]和波纹巴非蛤^[19];宽壳全海笋水管中粗蛋白含量较高,高于其它测试样品组织,且高于所列其它 8 种常见贝类;脆壳全海笋两组织中灰分含量较高,高于宽壳全海笋及所列其它贝类。说明两种海笋的水管组织属于高蛋白、低脂肪的优质食物原料,其中宽壳全海笋

能够提供更高的蛋白质营养,而脆壳全海笋的矿物质含量更为丰富。

2.2 氨基酸组成

除色氨酸水解被破坏外,共检测出氨基酸 17 种,但胱氨酸含量极低未能定量,其余氨基酸的组成与含量见表 2。两种海笋均包括必需氨基酸(EAA) 7 种,非必需氨基酸(Nonessential amino acid, NEAA) 9 种。除组氨酸外,水管中其它 15 种氨基酸含量均高于内脏团;但水管中必需氨基酸占总氨基酸的比例(32.95%, 30.63%)低于内脏团(35.54%, 35.32%)。该结果与偏顶蛤^[24]不同组织营养成分分析的结果相似,肌肉组织总氨基酸含量高于内脏团或性腺组织,但其必需氨基酸的比例低于内脏团或性腺组织。两海笋内脏团中必需氨基酸占总氨基酸的比例与 WHO/FAO 推荐模式(35.38%)^[25]接近,且与虾夷扇贝(35.3%~35.1%)^[26]、魁蚶(34.91%)^[27]等经济贝类相近,高于四角蛤蜊(30.2%)^[18]和杂色鲍(21.32%)^[3]等贝类,是一种优质的蛋白源。

两海笋不同组织中均含有谷氨酸、天冬氨酸、甘氨酸和丙氨酸 4 种鲜味氨基酸,鲜味氨基酸占总氨基酸的比例(DAA / TAA)以宽壳全海笋的水管组织最高(51.50%),脆壳全海笋的内脏团组织最低(40.38%),均略高于海蚌(40.18%)^[28],明显高于杂色蛤(35.74%)^[20]、海湾扇贝(31.33%)^[29]等,使得海笋具有较高的鲜美品质。各样品的鲜味氨基酸中以谷氨酸含量最高,达到 13.67%~17.05%,这一结果与多种贝类分析结果一致,如华贵栉孔扇贝^[16]、缢蛏^[21]、波纹巴非蛤^[19]等。

表 1 脆壳全海笋和宽壳全海笋与其它 8 种贝肉的一般营养成分含量 (%)

Table 1 General nutritional compositions in ten kinds of mollusks meat (%)

种类 Species		水分 Water content	灰分 Crude ash	粗蛋白 Protein	粗脂肪 Fat	总糖 Carbohydrate
脆壳全海笋 <i>B. fragilis</i>	水管 Siphon	80.60	4.20	12.40	0.50	2.30
	内脏团 Visceral mass	71.40	3.50	10.00	3.60	11.50
宽壳全海笋 <i>B. diliaia</i>	水管 Siphon	80.30	2.20	14.50	0.60	2.40
	内脏团 Visceral mass	75.00	2.60	9.36	3.70	9.30
杂色蛤 ^[20] <i>Ruditapes variegata</i>		82.70±0.73	2.63±0.47	9.63±0.76	0.54±0.25	—
华贵栉孔扇贝 ^[16] <i>Chlamys nobilis</i>		78.00	2.30	14.30	1.50	3.90
缢蛏 ^[21] <i>Sinonovacula constricta</i> Lamarck		84.07±0.09	1.88±0.25	10.17±0.39	1.93±0.05	0.94±0.05
太平洋牡蛎 ^[17] <i>Crassostrea gigas</i>		77.15±1.23	2.72±0.26	11.52±0.18	1.95±0.44	—
四角蛤蜊 ^[18] <i>Maotia veneriformis</i>		75.90	8.02	11.10	0.98	4.00
波纹巴非蛤 ^[19] <i>Paphia undulate</i>		78.90	2.70	12.80	0.40	2.80
小刀蛏 ^[22] <i>Cultellus attenuatus</i>		83.01±0.34	2.03±0.02	10.83±0.07	1.17±0.03	—
文蛤 ^[23] <i>Meretrix meretrix</i> L.		81.89±2.13	—	9.23±0.58	1.11±0.17	—

注:—表示未检测

Note:— means undetected

表 2 脆壳全海笋和宽壳全海笋中氨基酸的组成及含量

Table 2 Contents of amino acids in *B. fragilis* and *B. dilaia*

种类 Species	脆壳全海笋 <i>B. fragilis</i>		宽壳全海笋 <i>B. dilaia</i>	
	水管 Siphon	内脏团 Visceral mass	水管 Siphon	内脏团 Visceral mass
△天冬氨酸 Asp(mg/g)	10.5	7.3	11.6	7.2
* 苏氨酸 Thr(mg/g)	4.8	4.5	5.6	4.4
丝氨酸 Ser(mg/g)	4.5	4.0	5.4	3.5
△谷氨酸 Glu(mg/g)	17.6	12.2	19.2	10.8
脯氨酸 Pro(mg/g)	4.4	3.7	7.1	4.2
△甘氨酸 Gly(mg/g)	11.5	7.0	16.5	9.6
△丙氨酸 Ala(mg/g)	6.6	5.2	7.3	5.0
* 缬氨酸 Val(mg/g)	4.7	4.0	5.5	4.3
* 蛋氨酸 Met(mg/g)	2.3	1.6	3.2	1.8
* 异亮氨酸 Ile(mg/g)	4.3	3.3	4.7	3.4
* 亮氨酸 Leu(mg/g)	7.1	4.8	7.4	5.1
酪氨酸 Tyr(mg/g)	3.4	2.7	3.7	2.7
* 苯丙氨酸 Phe(mg/g)	3.4	3.0	3.5	3.0
* 赖氨酸 Lys(mg/g)	7.4	6.7	6.8	5.9
组氨酸 His(mg/g)	2.0	2.0	2.3	1.9
精氨酸 Arg(mg/g)	8.7	6.5	10.0	6.2
TAA(mg/g)	103.2	78.5	119.8	79.0
EAA(mg/g)	34.0	27.9	36.7	27.9
DAA(mg/g)	46.2	31.7	61.7	32.6
EAA/TAA(%)	32.95	35.54	30.63	35.32
EAA/NEAA(%)	49.13	55.14	44.16	54.60
DAA/TAA(%)	44.77	40.38	51.50	41.27

注: *, 必需氨基酸; △, 鲜味氨基酸

Note: *, essential amino acids; △, delicious amino acids

2.3 氨基酸营养评价

以 FAO/WHO 于 1973 年建议的每克氮氨基酸评分标准模式^[14]和中国预防医学科学院营养与

表 3 脆壳全海笋和宽壳全海笋水管、内脏团氨基酸评价指标

Table 3 Evaluation of amino acids in siphon and visceral mass of *B. fragilis* and *B. dilaia*

必需氨基酸 EAA	氨基酸含量 Content of amino acid(mg/g)				AAS 评分 AAS rating				CS 评分 CS rating			
	脆壳全海笋 <i>B. fragilis</i>		宽壳全海笋 <i>B. dilaia</i>		脆壳全海笋 <i>B. fragilis</i>		宽壳全海笋 <i>B. dilaia</i>		脆壳全海笋 <i>B. fragilis</i>		宽壳全海笋 <i>B. dilaia</i>	
	水管 Siphon	内脏团 Visceral mass	水管 Siphon	内脏团 Visceral mass	水管 Siphon	内脏团 Visceral mass	水管 Siphon	内脏团 Visceral mass	水管 Siphon	内脏团 Visceral mass	水管 Siphon	内脏团 Visceral mass
苏氨酸 Thr	4.80	4.50	5.60	4.40	192.00	180.00	224.00	176.00	109.59	102.74	127.85	100.46
缬氨酸 Val	4.70	4.00	5.50	4.30	94.00**	80.00	110.00	86.00	71.87	61.16	84.10	65.75
蛋氨酸+胱氨酸 Met+Cys	2.30	1.60	3.20	1.80	65.71*	45.71*	91.43*	51.43*	55.56*	38.65*	77.29**	43.48*
异亮氨酸 Ile	4.30	3.30	4.70	3.40	107.50	82.50	117.50	85.00	79.19	60.77	86.56	62.62
亮氨酸 Leu	7.10	4.80	7.40	5.10	101.43	68.57**	105.71**	72.86**	77.26	52.23**	80.52	55.10
苯丙氨酸+酪氨酸 Phe+Tyr	6.80	5.70	7.20	5.70	113.33	95.00	120.00	95.00	65.32	54.76	69.16*	54.76**
赖氨酸 Lys	7.40	6.70	6.80	5.90	134.55	121.82	123.67	107.27	104.52	94.63	96.05	83.33
EAAI									78.44	63.13	87.25	64.32

注: *, 第一限制性氨基酸; **, 第二限制性氨基酸

Note: *, the first limiting amino acid; **, the second limiting amino acid

食品卫生研究所提出的鸡蛋蛋白质模式^[15]为标准,用氨基酸评分(AAS)、化学评分(CS)和必需氨基酸指数(EAAI)对两种海笋水管和内脏团的蛋白质氨基酸进行评价(表 3),并与 FAO/WHO 所规定的人体必需氨基酸均衡模式和中国预防医学科学院营养与食品卫生研究所提出的鸡蛋蛋白质氨基酸模式进行比较。两海笋水管的 EAAI 分别为 78.44, 87.25, 均高于内脏团(63.13, 64.32), 高于长江口河蚬(75.50)^[30]、菲律宾蛤仔(70.01)^[5]、华贵栉孔扇贝(77.28)^[16]。说明两海笋是人体可均衡吸收、营养价值较高的贝类。其中,宽壳全海笋的 EAAI 大于脆壳全海笋,是更好的补充蛋白质的原料。各样品中除宽壳全海笋的水管组织的 CS 评分是苯丙氨酸+酪氨酸最低外,其它组织中蛋氨酸+胱氨酸的评分最低,且 AAS 评分与 CS 评分结果一致,说明除宽壳全海笋的水管组织外,脆壳全海笋和宽壳全海笋其它组织的第一限制性氨基酸都为蛋氨酸+胱氨酸。

2.4 矿质元素组成和含量的差异

脆壳全海笋和宽壳全海笋中 4 种常量元素(K、Ca、Na、Mg)和 4 种微量元素(Fe、Mn、Zn、Cu)含量的测定结果如表 4 所示。各样品中含量最高的常量元素分别是 Na 和 K,其次是 Mg, Ca 含量最低,该结果与菲律宾蛤仔^[5]、厚壳贻贝^[31]等贝类常量元素分布相似。微量元素的含量从高到低依次是 Fe、Mn、Zn、Cu。两种海笋的 Cu、Fe、Zn 的比值较为合理,各样品中 Zn 与 Cu 质量比为 3.34~7.38, Zn 与

Fe 质量比为 0.02~0.16, 可以补充人体所需的矿物质含量, 具有较高的营养保健价值。同时, 两海笋中 Fe 含量明显高于丽文蛤(95.90 mg/kg)^[32]、厚壳贻贝(21.00 mg/kg)^[31]、波纹巴非蛤(142.00 mg/kg)^[19]等, 是补充 Fe 的优质来源。

表 4 脆壳全海笋和宽壳全海笋的水管、内脏团矿质元素含量(mg/kg)

Table 4 Contents of mineral element in *B. fragilis* and *B. diliaia* (mg/kg)

矿质元素 Mineral element	脆壳全海笋 <i>B. fragilis</i>		宽壳全海笋 <i>B. diliaia</i>	
	水管 Siphon	内脏团 Visceral mass	水管 Siphon	内脏团 Visceral mass
钾 K	2.66×10 ³	2.76×10 ³	2.38×10 ³	3.16×10 ³
钠 Na	5.26×10 ³	3.50×10 ³	5.10×10 ³	3.10×10 ³
钙 Ca	377.00	374.00	457.00	409.00
镁 Mg	888.00	776.00	718.00	633.00
铁 Fe	329.00	740.00	66.00	346.00
锌 Zn	10.40	16.80	10.40	16.30
锰 Mn	24.00	46.70	21.80	27.50
铜 Cu	2.35	3.52	1.41	4.88

3 结论

脆壳全海笋和宽壳全海笋是海笋科贝类的常见种类, 与内脏团相比, 其水管组织具有高蛋白、低脂肪的优点, 是理想的高营养、低热能的优质海产品来源。两海笋所含氨基酸种类丰富, 组成合理; 4 种鲜味氨基酸含量丰富, 其中谷氨酸含量最高, 是海笋鲜味足的内在因素。两海笋矿质元素的质量分数和比例均衡, Cu、Fe、Zn 的比值合理, 且是补充 Fe 的优质来源。总之, 海笋科贝类在鲜味剂、营养保健等方面有广阔的开发应用前景。其中, 宽壳全海笋在补充蛋白质和食用口感上优于脆壳全海笋, 脆壳全海笋在补充矿物质元素、维持健康方面具有更广泛的前景。

参考文献:

[1] 张玺, 齐锺彦, 李洁民. 中国的海笋及其新种[J]. 动物学报, 1960, 12(1): 63-86.
ZHANG X, QI Z Y, LI J M. China Pholadidae and new species[J]. Current Zoology, 1960, 12(1): 63-86.

[2] 戴聪杰, 何剑锋, 王桂忠, 等. 南极长城湾南极帽贝的营养组成及评价[J]. 极地研究, 2005, 17(4): 279-284.
DAI C J, HE J F, WANG G Z, et al. Evaluation on nutritional composition of the soft part in *Nacella concinna* of great wall bay, Antarctica [J]. Chinese Journal of Polar Research, 2005, 17(4): 279-284.

[3] 王波, 柯才焕, 李卫东, 等. 杂色鲍黄壳色突变体的形态学参数及营养成分分析[J]. 厦门大学学报: 自然科学版, 2015, 54(4): 478-484.
WANG B, KE C H, LI W D, et al. Studies of morphological parameters and nutritional compositions for yellow shell color variant of *Haliotis diversicolor* [J]. Journal of Xiamen University: Natural Science, 2015, 54(4): 478-484.

[4] 张鹏, 仲伟, 冀德伟, 等. 微黄镰玉螺营养成分分析与评价[J]. 浙江海洋学院学报: 自然科学版, 2013, 32(5): 398-402.
ZHANG P, ZHONG W, YI D W, et al. Analysis and evaluation of nutritional composition of *Lunatia gilva* [J]. Journal of Zhejiang Ocean University: Natural Science, 2013, 32(5): 398-402.

[5] 杨金兰, 李刘冬, 黄珂, 等. 菲律宾蛤仔全脏器的营养成分分析与评价[J]. 中国渔业质量与标准, 2014, 4(2): 26-31.
YANG J L, LI L D, HUANG K, et al. Analysis and evaluation on nutrients in whole viscera of *Ruditapes philippinarum* [J]. Chinese Fishery Quality and Standards, 2014, 4(2): 26-31.

[6] 王建新, 邴旭文, 张成锋, 等. 梭鱼肌肉营养成分与品质的评价[J]. 渔业科学进展, 2010, 31(2): 60-66.
WANG J X, BING X W, ZHANG C F, et al. Evaluation of nutritional components and quality of *Liza haematocheila* muscle [J]. Progress in Fishery Sciences, 2010, 31(2): 60-66.

[7] 黎祖福, 付倩倩, 张以顺. 鞍带石斑鱼肌肉营养成分及氨基酸含量分析[J]. 南方水产科学, 2008, 4(5): 61-64.
LI Z F, FU Q Q, ZHANG Y S. An analysis of nutritive composition and the contents of amino acids in muscle of *Epinephelus lanceol* [J]. South China Fisheries Science, 2008, 4(5): 61-64.

[8] 王冬武, 何志刚, 白尊富, 等. 背瘤丽蚌软体部营养成分分析及评价[J]. 广东农业科学, 2013, 40(11): 95-98.
WANG D W, HE Z G, BAI Z F, et al. Analysis and evaluation of nutritional composition in edible part of *Lamprotula leai* Gray [J]. Guangdong Agricultural Sciences, 2013, 40(11): 95-98.

[9] 柳琪, 藤箴, 张炳春. 中华倒鳖氨基酸和微量元素的分析研究[J]. 氨基酸和生物资源, 1995, 17(1): 18-21.
LIU Q, TENG Z, ZHANG B C. Analysis of amino acids and microelements of *T. Sinensis* [J]. Amino Acids & Biotic Resources, 1995, 17(1): 18-21.

[10] 董迎辉, 柴雪良, 陆荣茂, 等. 宽壳全海笋受精和早期胚胎发育过程的细胞学观察[J]. 海洋学报, 2009, 31

- (1):125-131.
- DONG Y H, CAI X L, LU R M, et al. Cytological observation on fertilization and early embryonic development in *Barnea dilatata* [J]. Acta Oceanologica Sinica, 2009, 31(1): 125-131.
- [11] 肖国强, 柴雪良, 张炯明, 等. 宽壳全海笋稚贝呼吸代谢及其对若干环境因子适应性的研究[J]. 海洋科学, 2007, 31(9): 24-29.
- XIAO G Q, CAI X L, ZHANG J M, et al. Studies on the respiration, excretion and adaptiveness to environmental factors of *Barnea dilatata* seed [J]. Marine Sciences, 2007, 31(9): 24-29.
- [12] 牟哲松, 柴雪良, 仇建标, 等. 宽壳全海笋人工育苗试验[J]. 科学养鱼, 2007(10): 23-24.
- MOU Z S, CAI X L, QIU J B, et al. *Barnea dilatata* artificial breeding [J]. Scientific Fish Farming, 2007(10): 23-24.
- [13] 陆荣茂, 柴雪良, 董迎辉, 等. 宽壳全海笋的染色体核型分析[J]. 应用海洋学学报, 2008, 27(1): 43-46.
- LU R M, CAI X L, DONG Y H, et al. Karyotype of *Barnea dilatata* [J]. Journal of Applied Oceanography, 2008, 27(1): 43-46.
- [14] FORBES G B. Joint FAO/WHO ad hoc expert committee, energy and protein requirements, WHO technical report series 522 [J]. Archives of Pediatrics & Adolescent Medicine, 1974, 127(2): 29.
- [15] 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.
- YANG Y X, WANG G Y, PAN X C. Chinese Food Composition Table [M]. Beijing: Peking University Medical Press, 2002.
- [16] 任红, 黄海, 杨宁, 等. 华贵栉孔扇贝软体部营养成分分析及评价 [J]. 食品工业, 2015, 6: 79.
- REN H, HUANG H, YANG N, et al. Analysis and evaluation of nutritional components in edible part of *Chlamys nobilis* [J]. The Food Industry, 2015, 6: 79.
- [17] CRUZ-ROMERO M C, KERRY J P, KRLLY A L. Fatty acids, volatile compounds and colour changes in high-pressure-treated oysters (*Crassostrea gigas*) [J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2008, 9(1): 54-61.
- [18] 滕瑜, 李辉, 王志勇, 等. 四角蛤蜊的营养性和安全性评价 [J]. 农产品加工: 学刊, 2014(3): 48-50.
- TENG Y, LI H, WANG Z Y, et al. The evaluation of safety and nutrition of *Maotra veneiformis* [J]. Academic Periodical of Farm Products Processing, 2014(3): 48-50.
- [19] 王茵, 刘淑集, 苏永昌, 等. 波纹巴非蛤的形态分析与营养成分评价 [J]. 南方水产科学, 2011, 7(6): 19-25.
- WANG Y, LIU S J, SU Y C, et al. Morphological analysis and nutrition evaluation of *Paphia undulat* [J]. South China Fisheries Science, 2011, 7(6): 19-25.
- [20] 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 H, WANG J, LIU Y Q, 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.
- [21] 胡园, 蒋倩倩, 李尚鲁, 等. 三门湾缢蛭的品质特性分析 [J]. 上海海洋大学学报, 2014, 23(2): 222-227.
- HU Y, JIANG Q Q, LI S L, et al. Quality traits analysis of *Sinonovacula constricta* in Sanmen Bay [J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2014, 23(2): 222-227.
- [22] 徐加涛, 徐国成, 许星鸿, 等. 小刀蛭软体部营养成分分析及评价 [J]. 食品科学, 2013, 34(17): 263-267.
- XU J T, XU G C, XU X H, et al. Analysis of nutritional composition of edible parts of *Cultellus attenuatus* Dunker [J]. Food Science, 2013, 34(17): 263-267.
- [23] 顾向飞, 林志华, 董迎辉, 等. 3种壳色花纹文蛤常规营养成分分析与评价 [J]. 动物营养学报, 2014, 26(12): 3850-3857.
- GU X F, LIN Z H, DONG Y H, et al. Analysis and evaluation of general nutritive components of clams (*Meretrix meretrix*) with three kinds of shell colors and decorative patterns [J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2014, 26(12): 3850-3857.
- [24] 宋坚, 程龙, 常亚青, 等. 偏顶蛤不同组织营养成分的分析及评价 [J]. 大连海洋大学学报, 2014, 2: 14.
- SONG J, CHENG L, CHANG Y Q, et al. Analysis and evaluation of nutrient composition in different tissues of clam *Modiolus modiolus* [J]. Journal of Dalian Ocean University, 2014, 2: 14.
- [25] 江伟珣, 刘毅. 营养与食品卫生学 [M]. 北京: 中医古籍出版社, 1989.
- WANG W X, LIU Y. Food Nutrition and Hygiene [M]. Beijing: Traditional Chinese Medicine Classics Press, 1989.
- [26] 丁君, 常亚青, 张婧, 等. 虾夷扇贝“象牙白”品系与普通品系营养成分分析及评价 [J]. 中国农业科技导报, 2011, 13(2): 121-128.
- DING J, CHANG Y Q, ZHANG J, et al. Analysis and evaluation of nutritive composition in “ivory” strains and ordinary strains of *Mizuhopecten yessoensis* [J]. Journal of Agricultural Science and Technology,

- 2011,13(2):121-128.
- [27] 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(1):133-139.
WANG Y, WU Z H, LI H Y, et al. Analysis and evaluation of nutrition composition in soft tissue of *Anadara uropygimelana* [J]. Progress in Fishery Sciences, 2013(1):133-139.
- [28] 李振华,陈月忠,周永东,等. 福建长乐海蚌保护区海蚌软体部的营养成分分析与评价[J]. 食品科学, 2014,35(5):176-182.
LI Z H, CHEN Y Z, ZHOU Y D, et al. Analysis and evaluation of nutritional composition of edible part of *Coelomactra antiquata* (Spengler) in Nature Sanctuary of *Coelomactra antiquata* of Fujian Province[J]. Food Science, 2014,35(5):176-182.
- [29] 李伟青,王颖,孙剑锋,等. 海湾扇贝营养成分分析及评价[J]. 营养学报,2011,33(6):630-632.
LI W Q, WANG J, SUN J F, et al. The nutrients analysis and evaluation of *Argopectens irradians* [J]. Acta Nutrimenta Sinica, 2011,33(6):630-632.
- [30] 庄平,宋超,章龙珍. 长江口河蚶营养成分的分析与评价[J]. 营养学报,2009(3):304-306.
ZHUANG P, SONG C, ZHANG L Z. The nutrients analysis and evaluation of *Corbicula* in the Yangtze River Estuary[J]. Acta Nutrimenta Sinica, 2009(3):304-306.
- [31] 何建瑜,赵荣涛,刘慧慧. 舟山海域厚壳贻贝软体部分营养成分分析与评价[J]. 南方水产科学,2012,8(4):37-42.
HE J Y, ZHAO R T, LIU H H. Analysis and evaluation of nutritional composition of *Mytilus coruscus* in Zhoushan Sea area[J]. South China Fisheries Science, 2012,8(4):37-42.
- [32] 陈华絮. 雷州市沿海几种贝类营养成分的分析[J]. 中国食物与营养,2006(7):49-51.
CHEN H X. Analysis of nutritional composition in Leizhou's several coastal shellfish[J]. Food and Nutrition in China, 2006(7):49-51.

(责任编辑:陆雁)