

# 蓬莱玉参(*Apostichopus* sp.)体壁的营养成分分析及评价\*

刘长琳<sup>1</sup> 王有廷<sup>2</sup> 秦搏<sup>1</sup> 阮飞腾<sup>1</sup> 陈四清<sup>1①</sup>  
燕敬平<sup>1</sup> 赵法箴<sup>1</sup> 刘春胜<sup>1</sup> 崔恒全<sup>3</sup>

(1. 农业部海洋渔业可持续发展重点实验室 中国水产科学研究院黄海水产研究所 青岛 266071;  
2. 烟台海益苗业有限公司 烟台 265619; 3. 海阳市黄海水产有限公司 海阳 265122)

**摘要** 采用生化方法对蓬莱玉参(*Apostichopus* sp.)体壁营养成分进行了测定,并分析评价了这一水产养殖新品种的营养和开发价值。结果显示,蓬莱玉参体壁中水分、粗蛋白、粗脂肪和灰分含量分别为91.29%、5.25%、0.23%和3.09%,其中,粗蛋白质和灰分高于刺参,粗脂肪低于刺参,具有高蛋白、低脂肪的特点;蓬莱玉参体壁中氨基酸总量为53.76%,明显高于刺参,氨基酸组成和含量接近于FAO/WHO的推荐模式,属于质量较好的蛋白质;蓬莱玉参体壁中呈味氨基酸含量为25.63%,占氨基酸总量的47.66%,且各种呈味氨基酸含量均高于刺参,鲜美程度要好于刺参。蓬莱玉参体壁中多不饱和脂肪酸含量(PUFA)为26.47%,DHA+EPA为12.08%,不饱和脂肪酸与饱和脂肪酸的比值(UFA/SFA)为3.19,均高于刺参,因此,脂肪质量优于刺参;蓬莱玉参体壁中常量及微量元素含量较高,Ca、P比例适宜,并富含V<sub>B6</sub>和V<sub>B1</sub>,其中,V<sub>B1</sub>含量为1.30 mg/100 g,含量远高于刺参。研究表明,蓬莱玉参营养价值优于刺参,具有较高的营养价值和保健作用。

**关键词** 蓬莱玉参;体壁;营养成分;营养评价

**中图分类号** S965 **文献标识码** A **文章编号** 2095-9869(2015)05-0111-08

蓬莱玉参(*Apostichopus* sp.)是一种白色的刺参,一般生活在较深的海域,它对生存水质的要求极为苛刻,一旦海水受到轻微污染,就无法存活,所以导致自然界数量极少,民间流传着刺参“千年黑,万年白”的说法。蓬莱玉参背腹面均为白色,通体洁白如玉,与刺参(*Apostichopus japonicus*)背面为黄褐色或栗子褐色,腹面为浅褐色或赤褐色存在较大差异;除体色外,蓬莱玉参表皮外观也与刺参存在一定差异,蓬莱玉参背面体表除疣足外较为光滑,而刺参则有较多突起。目前,还未见蓬莱玉参的相关研究报道。烟台海益苗业有限公司对从蓬莱深海捕获的蓬莱玉参进行了人工培育,经过几代的繁殖证明,其生物学性状稳定,并形成了一定量的养殖群体。本研究对蓬莱玉参

体壁的营养成分进行了测定,并与刺参的营养成分进行了分析比较,以期评估其营养和开发价值,同时为其高效配合饲料的研发提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

实验样品于2014年4月取自烟台海益苗业有限公司,其中,蓬莱玉参湿重为(195.6±12.2) g(n=6),刺参湿重为(201.2±8.9) g(n=6)。

### 1.2 方法

**1.2.1 样品处理** 将活体称重,解剖,去除内脏,

\*烟台海益苗业有限公司横向课题资助。刘长琳, E-mail: liuchl@ysfri.ac.cn

①通讯作者:陈四清,研究员, E-mail: chensq@ysfri.ac.cn

收稿日期:2014-11-06,收修改稿日期:2015-03-30

用过滤海水冲洗,称重后将体壁捣碎。一部分置于105℃恒温箱烘干至恒重,另一部分冷冻干燥后,密封干燥保存备用。

**1.2.2 营养成分含量测定** 水分测定为105℃烘干恒重法(GB5009.3-85);粗蛋白的测定为凯氏定氮法(GB/T5009.5-1985);粗脂肪测定为索氏脂肪抽提法(GB/T5009.6-1985),采用丹麦福斯公司ST310脂肪测定仪测定;粗灰分测定为箱式电阻炉550℃灼烧法(GB/T5009.4-1985)。

冷冻干燥样品经6 mol/L HCl水解,充氮气后封管,置于110℃恒温箱水解24 h,减压蒸干后定容,应用异硫氰酸苯酯柱前衍生法,采用Agilent1100液相色谱仪测定氨基酸含量。异硫氰酸苯酯柱前衍生法:量取制备好的样品200 μl,置于1 ml离心管中,加入100 μl三乙胺溶液,异硫氰酸苯酯100 μl,混匀,室温放置1 h,然后加入400 ml正己烷振荡后放置10 min,取下层溶液,用0.45 μm膜过滤上HPLC。高效液相色谱条件: Venusil-AA氨基酸分析柱(4.6×250 mm, 5 μm),柱温为40℃,流动相A为0.1 mol/L醋酸钠(含7%乙腈);流动相B为80%乙腈,检测波长为254 nm,流速为1 ml/min梯度洗脱。

气相色谱条件:进样口温度为250℃,载气He,柱流速为0.81 ml/min,柱前压为73.0 kPa,柱起始温度为150℃,保持3.5 min,以20℃/min升至200℃,保持5 min,再以5℃/min升至280℃,保持15 min。分流进样1 μl,分流比为50:1。质谱条件:电子轰击源(EI),电子能量为70 eV,离子源温度为200℃,接口温度为250℃,全程离子碎片扫描(SCAN)模式,质量扫描范围为40-650,溶剂延迟3.5 min。测定仪器及柱子:QP2010GC/MS仪(日本SHIMADZU公司),30 mol/L×0.25 mm×0.25 μm SPB-50色谱柱(美国SUPELCO公司)。

依据GB/T5009-2003,准确称取一定量的样品于100 ml烧杯中,加入硝酸高氯酸于电热板加热消解,后定容至25 ml。采用Thermo Fisher Scientific ICP等元素发射光谱仪测定常量及微量元素的含量,其中,气化元素硒(Se)采用北京海光仪器公司AFS-9900全自动四通道氢化物原子荧光光度计测定。

冷冻干燥样品经皂化后,由萃取液(50%甲醇,40%正己烷三氯甲烷,10%四氢呋喃)萃取,经洗涤浓缩后用液相色谱安捷伦1100分析测定脂溶性V<sub>A</sub>含量。水溶性V<sub>B1</sub>、V<sub>B2</sub>、V<sub>B3</sub>、V<sub>B6</sub>测定分别参照GB 5413.11、GB 5413.12、GB 5413.15、GB 5413.13-2010测定。

**1.2.3 营养品质评价方法** 根据联合国粮农组织/世界卫生组织(FAO/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分别按以下公式计算氨基酸评分(AAS)、化学评分(CS)(王颖等,2013)、必需氨基酸指数(EAAI)(董辉等,2011)、氨基酸的支/芳值[C(BCAA)/C(AAA)](刘世禄等,2002;区又君等,2010):

$$AAS = \frac{aa}{AA(FAO/WHO)} \times 100$$

$$CS = \frac{aa}{AA(Egg)} \times 100$$

$$EAAI = \sqrt[n]{\frac{100A}{AE} \times \frac{100B}{BE} \times \frac{100C}{CE} \times \dots \times \frac{100H}{HE}}$$

式中,aa为试验样品氨基酸含量(mg/g),AA(FAO/WHO)为FAO/WHO评分标准模式中同种氨基酸含量(mg/g),AA(Egg)为全鸡蛋蛋白质中同种氨基酸含量(mg/g),n为比较的必需氨基酸个数,A,B,C,⋯,H为样品肌肉蛋白质的必需氨基酸含量(% dry),AE, BE, CE, ⋯ HE为全鸡蛋蛋白质的必需氨基酸含量(% dry)。

**1.2.4 数据处理** 试验数据用Excel 2010和SPSS 13.0软件进行统计分析,结果用平均值±标准差(Mean±SD)表示。

## 2 结果与讨论

### 2.1 一般营养成分

由表1可知,蓬莱玉参体壁湿样中水分、粗蛋白、粗脂肪和灰分含量分别为91.29%、5.25%、0.23%和3.09%,干样中粗蛋白、粗脂肪、灰分含量分别为60.23%、2.67%、35.53%,与刺参相比较,蓬莱玉参体壁粗蛋白和灰分含量较高,而水分和粗脂肪含量较低,与梅花参(*Thelenota ananas*)(王远红等,2010)、红参(*Holothuria* sp.)(苏秀榕等,2003)、海茄子(*Cucumaria cucumaria*)(苏秀榕等,2003)相比,蓬莱玉参干样中粗蛋白含量较高,仅次于梅花参,而粗脂肪含量则为最低。因此,蓬莱玉参具有高蛋白、低脂肪的特点。

### 2.2 氨基酸含量及营养品质评价

**2.2.1 氨基酸含量与组成** 由表2可以看出,在蓬莱玉参体壁中,除色氨酸在样品水解过程中被完全破坏外,共检测到17种氨基酸,氨基酸的组成较全面。其中,必需氨基酸(EAA)9种,非必需氨基酸(NEAA)8种。在这些氨基酸中,二者均是甘氨酸含量最高,蛋氨酸含量最低。此外,在蓬莱玉参中共有11种氨基酸高于刺参,其余6种氨基酸略低于刺参。蓬莱玉参体壁总氨基酸含量为53.76%,明显高于刺

表 1 蓬莱玉参与刺参体壁一般营养成分含量比较(湿重%)(平均值±标准差)

种类 Species	水分 Moisture	粗蛋白 Crude protein	粗脂肪 Crude lipid	灰分 Ash	参考文献 References
蓬莱玉参 <i>Apostichopus</i> sp.	91.29±0.57	5.25±0.14 (60.23±0.20)	0.23±0.01 (2.67±0.18)	3.09±0.07 (35.53±0.54)	本研究
刺参 <i>A. japonicus</i>	92.56±0.87	4.37±0.07 (58.77±0.72)	0.35±0.02 (4.72±0.11)	2.47±0.05 (33.25±0.34)	本研究
梅花参 <i>T. ananas</i>	—	(63.02)	(3.20)	(12.49)	王远红等(2010)
红参 <i>Holothuria</i> sp.	—	(51.41)	(8.80)	(12.56)	苏秀榕等(2003)
海茄子 <i>C. cucumaria</i>	—	(49.44)	(4.60)	(19.04)	苏秀榕等(2003)

注: 括号内数据为干重含量

Note: Data in bracket for dry weight content

参体壁总氨基酸含量(47.03%), 与粗蛋白的测定结果一致。

**2.2.2 必需氨基酸组成** 食品中蛋白质营养价值的评定取决于蛋白质含量、氨基酸种类和比例等因素(杨建敏等, 2003)。其中, EAA 的含量与组成是否符合人类膳食蛋白质模式是评价蛋白质质量的最重要指标。由表 2 可以看出, 蓬莱玉参体壁干样中必需氨基酸总量为 18.67%、非必需氨基酸总量为 35.11%、总氨基酸含量为 53.76%、支链氨基酸总量为 6.70%、芳香族氨基酸总量为 2.96%, 含量均高于刺参。蓬莱玉参和刺参的 EAA/TAA 分别为 34.73%和 37.21%, 而 WHO/FAO 推荐模式为 35.38%(李晓英等, 2010), 因此, 二者均接近于推荐模式, 都属于质量较好的蛋白质。

**2.2.3 氨基酸支/芳值分析** 蓬莱玉参和刺参氨基酸的支/芳比分别为 2.26 和 2.24, 结果无显著差异。正常人体的支/芳值为 3.0–3.5, 而当肝受损伤时, 则降为 1.0–1.5(刘世禄等, 2002), 因此, 蓬莱玉参和刺参体壁具有一定的保肝作用。

**2.2.4 呈味氨基酸分析** 水产动物蛋白质的鲜美程度主要取决于呈鲜味的谷氨酸、天冬氨酸以及呈甘味的甘氨酸和丙氨酸的组成与含量(区又君等, 2010; 董辉等, 2011)。由表 3 可以看出, 蓬莱玉参体壁呈味氨基酸中甘氨酸含量最高, 谷氨酸次之, 而刺参体壁中谷氨酸含量最高, 甘氨酸次之, 二者存在一定差异。蓬莱玉参体壁中各种呈味氨基酸含量均高于刺参, 且呈味氨基酸总量与氨基酸总量比值( $FAA/TAA$ )为 47.66%, 也高于刺参的 45.04%, 因此, 蓬莱玉参的鲜美程度要好于刺参。

**2.2.5 必需氨基酸组成评价** 氨基酸评分(AAS)是目前广泛使用的一种评价食物营养价值的方法(王颖等, 2013)。由表 4 可以看出, 蓬莱玉参和刺参体壁的 AAS 均是胱氨酸 + 蛋氨酸最高, 均超过 100 分, 其次是苏氨酸, 得分超过或接近 100, 说明二者体壁中胱氨酸 + 蛋氨酸和苏氨酸符合 FAO/WHO 理想模式; 在化学评分(CS)方面, 蓬莱玉参是胱氨酸 + 蛋氨酸得分最高(89.73), 其次是苏氨酸(89.29), 而刺参是苏氨酸得分最高(85.83), 其次是胱氨酸 + 蛋氨酸最高(83.99)。

根据 AAS 可知, 蓬莱玉参和刺参体壁中均是赖氨酸得分最低, 其次是亮氨酸, 因此第 1 限制性氨基酸为赖氨酸, 第 2 限制性氨基酸为亮氨酸; 根据 CS 可知, 蓬莱玉参体壁赖氨酸得分最低, 其次是酪氨酸 + 苯丙氨酸, 第 1 限制性氨基酸为赖氨酸, 第 2 限制性氨基酸为酪氨酸 + 苯丙氨酸。因此, 蓬莱玉参体壁蛋白质中赖氨酸为第 1 限制性氨基酸, 亮氨酸和酪氨酸 + 苯丙氨酸同为限制性氨基酸。

必需氨基酸指数是评价食物蛋白质营养最常用的标准之一(林利民等, 2006; 王建新等, 2010), Oser(1951)提出当  $EAAI > 90$ , 表示蛋白质的营养价值高,  $EAAI$  在 80 左右时, 表明蛋白质的营养价值良, 若  $EAAI < 70$ , 则表示蛋白质的营养不充足。由表 4 可以看出, 蓬莱玉参体壁中  $EAAI$  为 66.69, 刺参为 65.87, 二者均偏低, 表明蛋白质营养不够充分, 其主要原因可能是由于刺参供食用的主要部分是由胶原纤维构成的结缔组织, 而不是体壁肌肉有关(廖玉麟, 2001)。

**2.3 脂肪酸组成与含量**

由表 5 可以看出, 蓬莱玉参和刺参体壁中主要检测出 18 种脂肪酸, 包括 5 种饱和脂肪酸(SFA)(总量分别占脂肪酸总量的 16.51%和 19.02%), 4 种单不饱和脂肪酸(MUFA)(总量分别占脂肪酸总量的 26.20%和 35.86%), 以及 9 种多不饱和脂肪酸(PUFA)(总量分别占脂肪酸总量的 26.47%和 22.14%)。此外, 蓬莱玉参和刺参体壁中不饱和脂肪酸与饱和脂肪酸的比值( $UFA/SFA$ )分别为 3.19 和 3.05。因此, 蓬莱玉参体壁脂肪酸中 PUFA 和  $UFA/SFA$  高于刺参, SFA 和 MUFA 含量低于刺参, 说明蓬莱玉参体壁脂肪酸的不饱和度

表 2 蓬菜玉参与刺参体壁中氨基酸组成及含量(干重, %)(平均值±标准差)  
Tab.2 Composition and contents of amino acids in the body wall of *Apostichopus* sp. and *A. japonicus* (Dry weight, %) (Mean±SD)

氨基酸 Amino acids	蓬菜玉参 <i>Apostichopus</i> sp.			刺参 <i>A. japonicus</i>			刺参 <i>A. japonicus</i>		
	干样中含量 Contents in dry sample	粗蛋白中含量 Contents in crude protein	干样中含量 Contents in dry sample	干样中含量 Contents in dry sample	粗蛋白中含量 Contents in crude protein	粗蛋白中含量 Contents in crude protein	干样中含量 Contents in dry sample	干样中含量 Contents in dry sample	粗蛋白中含量 Contents in crude protein
苏氨酸 Thr	2.42±0.08	4.02±0.19	2.27±0.05	3.86±0.07	丙氨酸 Ala	3.65±0.10	6.06±0.10	2.93±0.08	4.99±0.08
蛋氨酸 Met	0.78±0.02	1.30±0.02	0.78±0.03	1.33±0.04	胱氨酸 Cys	1.76±0.03	2.92±0.03	1.54±0.02	2.62±0.02
缬氨酸 Val*	2.50±0.00	4.15±0.00	2.22±0.05	3.78±0.02	酪氨酸 Tyr <sup>#</sup>	1.27±0.08	2.11±0.08	1.26±0.05	2.14±0.05
异亮氨酸 Ile*	1.80±0.09	2.99±0.09	1.77±0.11	3.01±0.11	脯氨酸 Pro	4.05±0.12	6.72±0.12	3.50±0.15	5.96±0.15
亮氨酸 Leu*	2.40±0.02	3.98±0.03	2.43±0.02	4.13±0.01	必需氨基酸总量 EAA	18.67±0.53		17.50±0.53	
苯丙氨酸 Phe <sup>#</sup>	1.69±0.17	2.81±0.15	1.60±0.07	2.72±0.07	非必需氨基酸总量 NEAA	35.11±0.65		29.53±0.69	
赖氨酸 Lys	1.80±0.05	2.99±0.05	1.90±0.08	3.23±0.08	氨基酸总量 TAA	53.76±1.27		47.03±1.36	
精氨酸 Arg	3.96±0.06	6.57±0.06	3.40±0.12	5.79±0.12	支链氨基酸总量 BCAA	6.70±0.11		6.42±0.18	
组氨酸 His	1.32±0.03	2.19±0.03	1.13±0.02	1.92±0.02	芳香族氨基酸总量 AAA	2.96±0.25		2.86±0.12	
丝氨酸 Ser	2.40±0.11	3.98±0.11	2.05±0.05	3.49±0.05	支/芳比 BCAA/AAA	2.26		2.24	
天门冬氨酸 Asp	5.39±0.06	8.95±0.06	4.79±0.14	8.15±0.13	EAA/TAA	34.73		37.21	
谷氨酸 Glu	8.22±0.05	13.65±0.05	6.93±0.11	11.79±0.10	EAA/NEAA	53.18		59.26	
甘氨酸 Gly	8.37±0.10	13.90±0.10	6.53±0.09	11.11±0.09					

注: \* 为支链氨基酸(BCAA), # 为芳香族氨基酸(AAA)

Notes: \* means branched chain amino acids (BCAA), # means aromatic amino acids (AAA)

表 3 蓬莱玉参与刺参体壁中呈味氨基酸的含量对比(干重, %)(平均值±标准差)

Tab.3 Comparison of flavor amino acids contents in the body wall of *Apostichopus* sp. and *A. japonicus*

(Dry weight, %)(Mean ±SD)

种类 Species	天门冬氨酸 Asp	谷氨酸 Glu	甘氨酸 Gly	丙氨酸 Ala	呈味氨基酸总量 FAA	FAA/TAA
蓬莱玉参 <i>Apostichopus</i> sp.	5.39±0.06	8.22±0.05	8.37±0.10	3.65±0.10	25.63±0.31	47.66
刺参 <i>A. japonicus</i>	4.79±0.14	6.93±0.11	6.53±0.09	2.93±0.08	21.18±0.42	45.04

表 4 蓬莱玉参与刺参体壁中蛋白质必需氨基酸组成评价(平均值±标准差)

Tab.4 Evaluation of the composition of essential amino acids in the body wall of *Apostichopus* sp. and *A. japonicus*(mg/g)

(Mean ±SD)

必需氨基酸 EAA	氨基酸含量 Content(mg/g)		FAO 模式 FAO mode	氨基酸得分 AAS		鸡蛋蛋 白质 Egg protein	化学分 CS		必需氨基酸指数 EAAI	
	蓬莱玉参 <i>Apostichopus</i> sp.	刺参 <i>A.</i> <i>japonicus</i>		蓬莱玉参 <i>Apostichopus</i> sp.	刺参 <i>A.</i> <i>japonicus</i>		蓬莱玉参 <i>Apostichopus</i> sp.	刺参 <i>A.</i> <i>japonicus</i>	蓬莱玉参 <i>Apostichopus</i> sp.	刺参 <i>A.</i> <i>japonicus</i>
	异亮氨酸 Ile	29.89	30.12	40	74.71	75.29	49	60.99	61.46	-
亮氨酸 Leu	39.85	41.35	70	56.92	59.07	66	60.37	62.65	-	-
赖氨酸 Lys	29.89	32.33	55	54.34	58.78	66	45.28	48.98	-	-
胱氨酸 + 蛋氨酸 Cys+Met	42.17	39.48	35	120.49	112.79	47	89.73	83.99	-	-
苏氨酸 Thr	40.18	38.63	40	100.45	96.56	45	89.29	85.83	-	-
缬氨酸 Val	41.51	37.77	50	83.02	75.55	54	76.87	69.95	-	-
酪氨酸 + 苯丙氨 酸 Tyr+Phe	49.14	48.66	60	81.91	81.11	86	57.14	56.58	-	-
总含量 Total content	272.62	268.33	350	-	-	413	-	-	66.69	65.87

要高于刺参。研究表明, 部分碳链长度为 C12-C16 的 SFA 会增加心血管疾病的发病率(王建新等, 2010), 而 MUFA 具有降血糖、调节血脂、降低胆固醇和防止记忆下降的作用(张伟敏等, 2005), PUFA 具有明显的降血脂、降血压、抗肿瘤、抗炎、免疫调节和显著降低心血管疾病的发病率的作用(杭晓敏等, 2001), 因此, 脂肪质量主要取决于脂肪酸的不饱和度, 由此说明, 蓬莱玉参体壁脂肪质量要好于刺参。

在海洋生物中, DHA 在中枢神经系统和视觉系统起重要作用(Sargent *et al*, 1997、1999), EPA 是构成细胞膜和前列腺素前体细胞的重要组分(Bell *et al*, 2003), 因此, 二者是生长发育必不可少的脂肪酸(Sargent *et al*, 1999)。Reitan 等(1994)认为, DHA 与 EPA 的比例是一个非常重要的健康指标, 在通常情况下, 海洋鱼类的卵子和幼体中 DHA 与 EPA 的比例为 2:1, 较低的比例如 1:1 可以引起大菱鲆(*Scophthalmus maximus*)体色的异常。马爱军等(2003)认为, 色素的形成既与 DHA 的含量有关, 也与 DHA 与其他脂肪酸的比值有关。由表 5 可以看出, 蓬莱玉参和刺参体壁 DHA 含量分别为 6.63 和 4.49, EPA 含量分别为 5.45 和 3.61, 蓬莱玉参均高于刺参, 而 DHA/EPA 比

值分别为 1.22:1 和 1.24:1, 比值相近。因此, 从蓬莱玉参和刺参体壁 DHA 和 EPA 含量和比值上看, 蓬莱玉参应不是刺参的一种白化现象, 同时在生产上发现, 蓬莱玉参经过几代繁殖, 均能够保持稳定的遗传性状, 后代无体色分离现象, 据此推测, 蓬莱玉参可能为仿刺参属的一个新品种。今后应通过遗传学、分子生物学等方法进一步研究确定蓬莱玉参是仿刺参属的一个新品种, 而不是刺参的一种白化现象。

### 2.4 常量及微量元素含量

由表 6 可知, 在蓬莱玉参体壁中 Na、K、Cu 3 种元素含量高于刺参, 其余元素含量则低于刺参, 且二者均是 Na 元素含量最高, 但在蓬莱玉参体壁中 K 含量次之, 而在刺参中 Mg 含量次之, 说明二者存在一定差异。Hill 和 Matron 提出, 理化性质相似的元素在生物学功能是相互拮抗的, 且当 Zn:Cu>10 及 Zn:Fe>1 时通常会发生拮抗作用(柳琪等, 1995)。蓬莱玉参和刺参体壁 Zn/Cu 分别为 20.15 和 26.88, 比值均偏高, 说明 Cu 元素含量偏低, 而 Zn/Fe 分别为 0.61 和 0.50, 比值较为合理, 因此, 在饵料配制时应适当调整饵料中 Cu 的含量, 以消除元素间的拮抗作

表5 蓬莱玉参与刺参体壁中脂肪酸的组成及含量  
(干重, %)(平均值±标准差)

Tab.5 Composition and contents of fatty acids in the body wall of *Apostichopus* sp. and *A. japonicus*  
(Dry weight, %)(Mean ±SD)

脂肪酸 Fatty acid	含量 Content	
	蓬莱玉参 <i>Apostichopus</i> sp.	刺参 <i>A. japonicus</i>
C14:0	1.03±0.02	1.21±0.05
C16:0	7.77±0.12	10.98±0.25
C16:1	6.27±0.13	10.08±0.24
C16:2ω4	0.09±0.00	0.08±0.00
C18:0	5.10±0.13	3.22±0.15
C18:1	11.19±0.08	15.86±0.12
C18:2	3.42±0.06	5.73±0.10
C18:3	0.53±0.00	0.66±0.01
C18:4ω3	0.21±0.00	0.21±0.00
C20:0	1.29±0.05	2.31±0.07
C20:1	7.01±0.13	8.96±0.08
C20:2ω6	0.42±0.05	0.28±0.01
C20:3ω6	0.31±0.00	0.34±0.00
C20:4	9.41±0.20	6.74±0.12
C20:5ω3 EPA	5.45±0.12	3.61±0.09
C22:0	1.32±0.09	1.30±0.05
C22:1	1.72±0.08	0.96±0.05
C22:6ω3 DHA	6.63±0.27	4.49±0.14
饱和脂肪酸总量 SFA	16.51±0.41	19.02±0.57
单不饱和脂肪酸总量 MUFA	26.20±0.60	35.86±1.01
多不饱和脂肪酸总量 PUFA	26.47±0.75	22.14±0.46
DHA+EPA	12.08±0.39	8.10±0.23
DHA/EPA	1.22	1.24
UFA/SFA	3.19	3.05

表6 蓬莱玉参与刺参体壁中常量及微量元素含量(干重, mg/kg)(平均值±标准差)

Tab.6 Contents of major and trace elements in body wall of *Apostichopus* sp. and *A. japonicus*  
(Dry weight, mg/kg)(Mean ±SD)

种类 Species	Na	K	Mg	Ca	P	Fe	Zn	Se	Mn	Cu	Zn/Cu	Zn/Fe	Ca/P
蓬莱玉参 <i>Apostichopus</i> sp.	94646 ±152	7595 ±58.96	6022 ±87.45	4396 ±56.23	2751 ±87.85	26.84 ±3.57	16.32 ±0.58	2.15 ±0.26	1.75 ±0.15	0.81 ±0.02	20.15	0.61	1.60
刺参 <i>A. japonicus</i>	79075 ±236	6413 ±63.23	6977 ±69.38	8447 ±45.28	3230 ±54.89	41.66 ±2.85	20.70 ±0.86	2.72 ±0.34	3.19 ±0.29	0.77 ±0.01	26.88	0.50	2.62

表7 蓬莱玉参与刺参体壁中维生素含量(干重, mg/100 g)(平均值±标准差)

Tab.7 Contents of vitamins in the body wall of *Apostichopus* sp. and *A. japonicus* (Dry weight, mg/100 g) (Mean ±SD)

种类 Species	V <sub>A</sub>	V <sub>B1</sub>	V <sub>B2</sub>	V <sub>B3</sub>	V <sub>B6</sub>
蓬莱玉参 <i>Apostichopus</i> sp.	0.56±0.02	1.30±0.05	0.10±0.03	1.20±0.10	5.35±0.05
刺参 <i>A. japonicus</i>	0.59±0.03	0.21±0.03	0.15±0.00	1.66±0.16	5.41±0.03

用, 进而提高矿物元素的利用率。一般认为, 对于需要高钙膳食供应的人, Ca/P 应在 1:1 到 2:1 之间, 如果 Ca/P 不协调, 就会引起生理障碍(何清等, 2006), 蓬莱玉参与刺参体壁中 Ca:P 分别为 1.60 和 2.62, 因此, 蓬莱玉参体壁中所含 Ca/P 比例适宜, 可作为补钙食物。

## 2.5 维生素含量

由表 7 可知, 蓬莱玉参与刺参体壁中含有丰富的维生素, 蓬莱玉参体壁中维生素含量高低次序为  $V_{B6} > V_{B1} > V_{B3} > V_A > V_{B2}$ , 而刺参为  $V_{B6} > V_{B3} > V_A > V_{B1} > V_{B2}$ , 二者存在一定差异。此外, 在蓬莱玉参体壁中  $V_{B1}$  含量为 1.30 mg/100 g, 远高于刺参, 其他维生素含量与刺参相比差异不显著。V<sub>B6</sub> 为人体内某些辅酶的组成成分, 参与多种代谢反应, 尤其是与蛋白质和氨基酸代谢有密切关系, 对防治不安、失眠、多发性神经炎等具有一定作用(李靖, 1999)。V<sub>B1</sub> 是糖代谢过程中关键性的物质, 大量资料证明, 缺乏 V<sub>B1</sub> 会导致糖代谢紊乱, 临床表现为神经系统、消化系统、心血管系统的功能障碍, 是生命机体不可缺少的物质(简林凡, 2004)。

## 3 结论

蓬莱玉参体壁粗蛋白和灰分含量较高, 水分和粗脂肪含量较低, 具有高蛋白、低脂肪的特点; 蓬莱玉参体壁氨基酸组成较全面, 总氨基酸含量明显高于刺参, 氨基酸组成和含量接近于推荐模式, 属于质量较好的蛋白质; 蓬莱玉参体壁中各种呈味氨基酸含量均高于刺参, 鲜美程度要好于刺参。蓬莱玉参体壁脂肪酸中 PUFA 和 UFA/SFA 高于刺参, 脂肪酸的不饱和度较高, 脂肪质量要好于刺参。蓬莱玉参 DHA 和 EPA 含量远高于刺参, 且比值相近, 同时结合生产上体色

能够稳定遗传,推测蓬莱玉参可能为仿刺参属的一个新品种。蓬莱玉参体壁中常量及微量元素含量较高, Ca/P 比例适宜,可作为补钙食物,此外,蓬莱玉参体壁维生素含量丰富,且  $V_{B6}$  和  $V_{B1}$  含量较高,具有较好的保健作用。综上所述,蓬莱玉参营养价值优于刺参,应合理地开发利用。

## 参 考 文 献

- 马爱军, 雷霖霖, 陈四清, 等. 鲆鲽类白化机理的研究进展. 海洋水产研究, 2003, 24(3): 80-85
- 王远红, 于明明, 王冬燕, 等. 花刺参、梅花参和绿刺参营养成分分析. 营养学报, 2010, 32(4): 397-398
- 王建新, 邴旭文, 张成锋, 等. 梭鱼肌肉营养成分与品质的评价. 渔业科学进展, 2010, 31(2): 60-66
- 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. 渔业科学进展, 2013, 34(1): 133-139
- 区又君, 李加儿. 驼背鲈肌肉营养成分的分析与评价. 台湾海峡, 2010, 29(4): 503-509
- 刘世禄, 王波, 张锡烈, 等. 美国红鱼的营养成分分析与评价. 海洋水产研究, 2002, 23(2): 25-32
- 李晓英, 李勇, 周淑青, 等. 两种淡水螺肉的营养成分分析与评价. 食品科学, 2010, 31(13): 276-279
- 李靖. 维生素的生理作用及抗癌作用. 洛阳医学专学报, 1999, 17(3): 169-176
- 何清, 胡晓波, 周峙苗, 等. 东海绿藻缘管浒苔营养成分分析及评价. 海洋科学, 2006, 30(1): 34-38
- 苏秀榕, 娄永江, 常亚青, 等. 海参的营养成分及海参多糖的抗肿瘤活性的研究. 营养学报, 2003 25(2): 181-182
- 杨建敏, 邱盛尧, 郑小东, 等. 美洲帘蛤软体部营养成分分析及评价. 水产学报, 2003, 27(5): 495-498
- 张伟敏, 钟耕, 王炜. 单不饱和脂肪酸营养及其生理功能研究概况. 粮食与油脂, 2005(3): 13-15
- 杭晓敏, 唐涌濂, 柳向龙. 多不饱和脂肪酸的研究进展. 生物工程进展, 2001, 21(4): 18-21
- 林利民, 王秋荣, 王志勇, 等. 不同家系大黄鱼肌肉营养成分的比较. 中国水产科学, 2006, 13(2): 286-291
- 柳琪, 滕葳, 张炳春. 中华鳖氨基酸和微量元素的分析与研究. 氨基酸和生物资源, 1995, 17(1): 18-21
- 董辉, 王颀, 刘亚琼, 等. 杂色蛤软体部营养成分分析及评价. 水产学报, 2011, 35(2): 276-282
- 简林凡. 维生素 B1 缺乏与防治. 井冈山医学专学报, 2004, 11(3): 68-70
- 廖玉麟. 我国的海参. 生物学通报, 2001, 36(9): 1-3
- Bell JG, Sargent JR. Arachidonic acid in aquaculture feeds: current status and future opportunities. Aquaculture, 2003, 218(1-4): 491-499
- Oser BL. Method for integrating essential amino acid content in the nutritional evaluation of protein. J Am Diet Assoc, 1951, 27(5): 396-402
- Reitan KI, Rainuzzo JR, Olsen Y. Influence of live feed on growth, survival and pigmentation of turbot larvae. Aquacult Int, 1994, 2(1): 33-48
- Sargent JR, McEvoy LA, Bell JG. Requirements, presentation and sources of polyunsaturated fatty acids in marine fish larval feeds. Aquaculture, 1997, 155(1-4): 117-127
- Sargent JR, McEvoy LA, Estevez A, et al. Lipid nutrition of marine fish during early development: current status and future directions. Aquaculture, 1999, 179(1-4): 217-229

(编辑 陈严)

## Analysis and Evaluation of Nutrient Composition in the Body Wall of Penglai Sea Cucumber (*Apostichopus* sp.)

LIU Changlin<sup>1</sup>, WANG Youting<sup>2</sup>, QIN Bo<sup>1</sup>, RUAN Feiteng<sup>1</sup>, CHEN Siqing<sup>1①</sup>,  
YAN Jingping<sup>1</sup>, ZHAO Fazhen<sup>1</sup>, LIU Chunsheng<sup>1</sup>, CUI Hengquan<sup>3</sup>

(1. Key Laboratory of Sustainable Development of Marine Fisheries, Ministry of Agriculture, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071; 2. Yantai Haiyi Seeds Co., Ltd, Yantai 265619; 3. Haiyang City Haiyang Aquatic Products Co., Ltd., Haiyang 265122)

**Abstract** Penglai sea cucumber (*Apostichopus* sp.) is a newly developed aquaculture species. The nutrient composition in the body wall of Penglai sea cucumber has not been investigated widely. The current study measured the nutrient composition of Penglai sea cucumber and compared with other sea cucumber species. Results showed that the contents of moisture, crude protein, crude fat, and crude ash of the body walls of Penglai sea cucumber were 91.29%, 5.25%, 0.23% and 3.09%, respectively. The contents of crude protein and crude ash were higher than those of *Apostichopus japonicus*, whereas the contents of moisture and crude fat were lower than those of *A. japonicus*. The total amino acids (TAA) content of Penglai sea cucumber was 53.76%, which was significantly higher than that of *A. japonicus*. Furthermore, the flavor amino acids (FAA) content was 25.63%, which accounted for 47.66% of TAA. The FAA contents were higher than those of *A. japonicus*, suggesting that Penglai sea cucumber might be more delicious than other sea cucumber species. In addition, the contents of PUFA and “DHA+EPA” were 26.47% and 12.08%, respectively and the UFA/SFA ratio was 3.19 in Penglai sea cucumber, which were higher than those in *A. japonicus*. The body wall of Penglai sea cucumber has great content in major and trace element, V<sub>B6</sub>, V<sub>B1</sub>, and suitable Ca/P ratio. The content of V<sub>B1</sub> was 1.3 mg/100 g, which was higher than that of *A. japonicus*. In conclusion, Penglai sea cucumber bears better nutrition condition, and is a promising species for aquaculture and stock enhancement.

**Key words** Penglai sea cucumber; Body wall; Nutrient components; Nutritional evaluation

① Corresponding author: CHEN Siqing, E-mail: chensq@ysfri.ac.cn