

北黄海3种常见蛇尾的主要营养成分分析*

房景辉¹ 张继红¹ 蒋增杰¹ 毛玉泽¹ 臧元奇² 方建光^{1①}

(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. 青岛出入境检验检疫局 青岛 266000)

摘要 采用常规分析方法,对我国北黄海3种常见蛇尾种类[紫蛇尾(*Ophiopholis mirabilis*)、史氏盖蛇尾(*Stegophiura sladeni*)和浅水萨氏真蛇尾(*Ophiura sarsii vadicola*)]的主要营养成分进行了分析比较。将鲜活蛇尾样品超低温(-70℃)冷冻后,在冷冻干燥机中干燥至恒重,用于成分分析。结果显示,3种蛇尾的水分含量均未超过50%,其中史氏盖蛇尾的水分含量最低,为41.61% ($P < 0.05$),而其灰分含量最高,为80.70% ($P < 0.05$)。3种蛇尾的氨基酸总量较低,其中紫蛇尾氨基酸总量最高,为14.90% ($P < 0.05$)。紫蛇尾、史氏盖蛇尾和浅水萨氏真蛇尾必需氨基酸占总氨基酸的比值(EAA/TAA)依次为35.37%、29.58%和34.97%,紫蛇尾的必需氨基酸和呈味氨基酸总量均显著高于其他两种蛇尾($P < 0.05$),其氨基酸评分(AAS)、化学评分(CS)和必需氨基酸指数(EAAI)均是3种蛇尾中最高的。紫蛇尾、史氏盖蛇尾和浅水萨氏真蛇尾的不饱和脂肪酸含量分别为52.91%、50.03%和64.31%,其中浅水萨氏真蛇尾的不饱和脂肪酸含量显著高于其他两种蛇尾($P < 0.05$),而其饱和脂肪酸含量最低,仅为13.32%,显著低于其他两种蛇尾($P < 0.05$)。3种蛇尾富含矿物质元素,其中浅水萨氏真蛇尾的Ca、Mg含量最高,分别达到了348000 mg/kg和28500 mg/kg ($P < 0.05$)。研究表明,这3种蛇尾不适合作为优质蛋白源,而可能用于补钙功能食品的开发,同时其体内较高的碳酸盐含量表明其可能对海洋碳汇具有重要意义。

关键词 紫蛇尾; 史氏盖蛇尾; 浅水萨氏真蛇尾; 营养成分

中图分类号 S963.16 **文献标识码** A **文章编号** 2095-9869(2015)06-0017-05

很多海洋棘皮动物因其营养价值丰富而倍受我国消费者青睐,例如海参、海胆和海星等。海参富含酸性粘多糖、硒多糖等生物活性物质,其药用、滋补价值很高(房英春等,2007);海胆黄不仅味道鲜美,而且营养丰富、药用价值很高(温成器,1997);海星中的多棘海盘车体壁和内脏中均含有丰富的营养成分,具有广阔的开发利用前景(郝林华等,1998)。而有关蛇尾的营养成分研究较少,此类生物在海洋中分布广泛,生物量很大,是棘皮动物中种类最多的类别(廖玉麟,2004)。郭承华等(2007)制备了金氏真蛇尾的生物活性物质蛇尾皂苷,结果显示,其具有很好的药用价值。王荣镇等(2010)研究了紫蛇尾的营养成分,肯

定了其营养成分丰富并可以开发为海洋功能食品。本研究以北黄海海域的3种常见蛇尾:紫蛇尾(*Ophiopholis mirabilis*)、史氏盖蛇尾(*Stegophiura sladeni*)和浅水萨氏真蛇尾(*Ophiura sarsii vadicola*)为研究对象,比较分析了3种蛇尾的营养成分,旨在为蛇尾的生物学研究和开发利用提供参考资料。

1 材料与方法

1.1 实验动物来源

本研究的实验动物于2013年11月取自大连獐子岛海域,每种蛇尾取120只做样品分析,并随机各取

* 中国水产科学研究院基本科研业务费重大项目预研项目(2014A01YY01)、中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金“獐子岛生态渔业专项”(20603022015017)和973计划课题(2011CB409805)共同资助。房景辉, E-mail: hui861@163.com

① 通讯作者: 方建光, 研究员, E-mail: fangjg@ysfri.ac.cn

收稿日期: 2014-09-14, 收修改稿日期: 2014-12-07

25只称量体重,将样品在-70℃冷冻保存。其中,紫蛇尾规格为(0.84±0.11)g;浅水萨氏真蛇尾规格为(1.01±0.16)g;史氏盖蛇尾规格为(1.61±0.18)g。

1.2 样品处理与营养成分测定

将冷冻的蛇尾样品分别分成重量相近的3份,在实验室内使用冷冻干燥机干燥至恒重,计算水分含量,再研磨用于其他成分测定,除矿物质元素测定单样外,其他各指标均测定3个平行样。其中,粗蛋白按GB 5009.5-2010中的方法测定,粗脂肪按GB/T 5009.6-2003中的方法测定,粗灰分按GB 5009.4-2010中的方法测定;氨基酸按GB/T 5009.124-2003中的方法使用氨基酸自动分析仪测定除色氨酸以外的其他氨基酸成分;色氨酸使用荧光分光光度法测定;脂肪酸按GB/T 17377-2008中的方法测定,矿物质元素使用等离子体发射光谱法(ZJB 302,单样)测定。

1.3 营养品质评价方法

根据FAO/WHO 1973年建议的氨基酸评分标准模式(% ,干重)和全鸡蛋蛋白质的氨基酸模式(% ,干重),分别按以下公式计算氨基酸评分(AAS)、化学评分(CS)和必需氨基酸指数(EAAI)(王建新等,2010):

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

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

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

式中,aa为实验样品氨基酸含量(%),AA(FAO/WHO)为FAO/WHO评分标准模式中同种氨基酸含量(%),AA(Egg)为全鸡蛋蛋白质中同种氨基酸含量(%),n为比较的必需氨基酸个数,A、B、C、…、I为蛇尾蛋白质的必需氨基酸含量(% ,干重),AE、BE、CE、…、IE为全鸡蛋蛋白质的必需氨基酸含量(% ,干重)。

1.4 数据处理

本研究所得数据采用SPSS11.0统计分析软件分析处理,采用单因素方差分析(ANOVA)及Duncan多重检验比较3种蛇尾一般营养成分、氨基酸和脂肪酸组成,以 $P < 0.05$ 作为差异显著水平。

2 结果

2.1 一般营养成分

3种蛇尾的水分含量较低,均未超过50%,其中史氏盖蛇尾的水分含量最低,为41.61%。与之相对应,三者的灰分含量均很高,最高者亦为史氏盖蛇尾,其灰分含量超过干重的80%。3种蛇尾的蛋白和脂肪含量均较低。3种蛇尾的一般营养成分间均差异显著($P < 0.05$,表1)。

2.2 氨基酸组成与评价

从表2可以看出,紫蛇尾、史氏盖蛇尾和浅水萨氏真蛇尾的氨基酸总含量均较低,分别为14.90%、8.89%和11.81%,必需氨基酸总量分别为5.27%、2.63%和4.13%。各氨基酸中,甘氨酸含量最高,紫蛇尾、史氏盖蛇尾和浅水萨氏真蛇尾的甘氨酸含量分别为1.88%、1.48%和1.36%。紫蛇尾和浅水萨氏真蛇尾必需氨基酸占总氨基酸含量的比例没有显著差异($P > 0.05$),并且均显著高于史氏盖蛇尾($P < 0.05$)。而史氏盖蛇尾的呈味氨基酸占总氨基酸的比例显著高于其他两种蛇尾($P < 0.05$)。紫蛇尾的必需氨基酸和呈味氨基酸总量均显著高于其他两种蛇尾,其氨基酸评分(AAS)、化学评分(CS)和必需氨基酸指数(EAAI)均是3种蛇尾中最高的。

2.3 脂肪酸组成

由表3可以看出,紫蛇尾、史氏盖蛇尾和浅水萨氏真蛇尾的不饱和脂肪酸含量均超过了50%,分别为

表1 3种蛇尾的一般营养成分

Tab.1 Nutrient compositions of the three brittle star species

蛇尾 Brittle stars	水分 Moisture (%)	蛋白 Protein (% DW)	脂肪 Lipid (% DW)	灰分 Ash (% DW)
紫蛇尾 <i>O. mirabilis</i>	44.57±0.16 ^b	19.10±0.52 ^c	3.10±0.11 ^c	66.90±0.65 ^a
史氏盖蛇尾 <i>S. sladeni</i>	41.61±0.24 ^a	11.60±0.21 ^a	1.50±0.09 ^b	80.70±0.35 ^b
浅水萨氏真蛇尾 <i>O. vadicola</i>	47.81±0.31 ^c	16.90±0.23 ^b	1.10±0.09 ^a	67.50±0.27 ^a

注:表中不同蛇尾种类之间带有不同字母的数据表示相互之间差异显著($P < 0.05$),蛋白、脂肪、灰分分别为占干重(% DW)的百分比,下同

Note: The data with different letters in the same column are significantly different with each other ($P < 0.05$). Protein, lipid and ash were the percentages of dry weight (% DW). The same below

表 2 3 种蛇尾的氨基酸组成
Tab.2 Amino acids contents of the three brittle star species (% DW)

氨基酸 Amino acids	紫蛇尾 <i>O. mirabilis</i>	史氏盖蛇尾 <i>S. sladeni</i>	浅水萨氏真蛇尾 <i>O. sarsii vadicola</i>
Asp**	1.43±0.16 ^c	0.7±0.05 ^a	1.08±0.11 ^b
Tyr	0.52±0.03 ^c	0.28±0.02 ^a	0.36±0.09 ^b
Ser	1.09±0.08 ^b	0.64±0.02 ^a	0.92±0.08 ^b
Glu**	1.03±0.10 ^c	0.6±0.08 ^a	0.86±0.03 ^b
Gly**	1.88±0.10 ^b	1.48±0.05 ^a	1.36±0.10 ^a
His	0.37±0.02 ^b	0.22±0.01 ^a	0.3±0.02 ^b
Arg	1.12±0.06 ^c	0.68±0.05 ^a	0.94±0.04 ^b
Pro	0.68±0.04 ^c	0.4±0.01 ^a	0.54±0.02 ^b
Ala**	1.51±0.11 ^b	1.26±0.09 ^a	1.32±0.11 ^a
Val*	0.81±0.09 ^c	0.41±0.03 ^a	0.58±0.04 ^b
Met*	0.44±0.04 ^b	0.2±0.01 ^a	0.28±0.03 ^a
Ile*	0.60±0.05 ^c	0.28±0.02 ^a	0.46±0.02 ^b
Leu*	1.02±0.03 ^c	0.49±0.05 ^a	0.81±0.07 ^b
Trp*	0.02±0.00 ^b	0.01±0.00 ^a	0.02±0.00 ^b
Thr*	0.74±0.04 ^c	0.38±0.01 ^a	0.57±0.04 ^b
Phe*	0.60±0.03 ^b	0.32±0.01 ^a	0.54±0.04 ^b
Lys*	1.04±0.07 ^c	0.54±0.02 ^a	0.87±0.05 ^b
TAA	14.90±0.53 ^c	8.89±0.39 ^a	11.81±0.59 ^b
EAA	5.27±0.42 ^c	2.63±0.21 ^a	4.13±0.45 ^b
DAA	5.85±0.51 ^b	4.04±0.30 ^a	4.62±0.38 ^a
EAA/TAA(%)	35.37±2.31 ^b	29.58±2.01 ^a	34.97±2.18 ^{ab}
DAA/TAA(%)	39.26±3.58 ^a	45.44±3.45 ^b	39.12±2.87 ^a
AAS	0.77±0.04 ^b	0.63±0.06 ^a	0.68±0.08 ^{ab}
CS	0.57±0.02 ^b	0.47±0.03 ^a	0.50±0.01 ^{ab}
EAAI	46.87±3.19 ^b	38.28±2.11 ^a	42.15±3.91 ^{ab}

** 表示必需氨基酸; * 表示呈味氨基酸

** Essential amino acid, * Flavour amino acid

52.91%、50.03%和 64.31%，其中浅水萨氏真蛇尾的不饱和脂肪酸含量显著高于其他两种蛇尾($P < 0.05$)，而其饱和脂肪酸含量最低，仅为 13.32%，显著低于其他两种蛇尾($P < 0.05$)。紫蛇尾的 EPA 含量最高($P < 0.05$)，而史氏盖蛇尾没有检出 DHA，其 C20:0 含量达到了 15.89%。

2.4 矿物质元素

3 种蛇尾富含 Ca、Mg、K 等人体必需矿物质元素，其中 Ca 含量超过了 100000 mg/kg，浅水萨氏真蛇尾的 Ca、Mg 含量最高，分别达到了 348000 mg/kg 和 28500 mg/kg。另外，3 种蛇尾均含有丰富的其他矿物质元素，其中，浅水萨氏真蛇尾的矿物质元素含量较高(表 4)。

表 3 3 种蛇尾的脂肪酸组成
Tab.3 Fatty acids contents of the three brittle star species (%)

脂肪酸 Fatty acids	紫蛇尾 <i>O. mirabilis</i>	史氏盖蛇尾 <i>S. sladeni</i>	浅水萨氏真蛇尾 <i>O. sarsii vadicola</i>
C14:0	9.74±0.68 ^b	6.84±0.33 ^a	7.97±0.67 ^a
C16:0	8.30±0.46	0.80±0.25	0.72±0.05
C17:0	1.25±0.10 ^a	2.38±0.12 ^b	2.65±0.08 ^b
C18:0	7.35±0.37 ^b	0.98±0.05 ^a	0.92±0.02 ^a
C20:0	0.58±0.03 ^a	15.89±0.89 ^c	1.06±0.04 ^b
饱和脂肪酸 Saturated fatty acids	27.22±1.82 ^b	26.89±1.59 ^b	13.32±0.91 ^a
C16:1	2.42±0.15 ^a	13.20±0.96 ^c	11.02±0.14 ^b
C18:1n11	3.98±0.29 ^a	7.00±0.52 ^b	7.03±0.09 ^b
C18:1n9	1.20±0.02 ^a	2.96±0.02 ^c	1.89±0.10 ^b
C18:1n7	4.76±0.34 ^b	4.46±0.33 ^b	3.40±0.02 ^a
C18:2n6	1.21±0.01 ^a	2.67±0.19 ^b	3.11±0.17 ^c
C18:3n3	0.88±0.01 ^b	0.72±0.03 ^a	0.72±0.03 ^a
C18:4n3	8.92±0.09 ^c	1.82±0.11 ^b	0.55±0.02 ^a
C20:1n9	9.07±0.42 ^b	1.92±0.09 ^a	16.12±1.01 ^c
C20:4n6	1.36±0.08 ^a	6.20±0.89 ^c	2.78±0.12 ^b
EPA	14.24±0.99 ^c	3.90±0.06 ^a	10.49±0.76 ^b
C22:1n9	2.44±0.03 ^a	5.18±0.13 ^c	3.84±0.21 ^b
DHA	2.43±0.02 ^a	—	3.36±0.01 ^b
不饱和脂肪酸 Unsaturated fatty acids	52.91±3.11 ^a	50.03±2.45 ^a	64.31±3.11 ^b

表 4 3 种蛇尾的矿物质元素含量

Tab.4 Mineral element contents of the three brittle star species (mg/kg DW)

元素 Elements	紫蛇尾 <i>O. mirabilis</i>	史氏盖蛇尾 <i>S. sladeni</i>	浅水萨氏真蛇尾 <i>O. vadicola</i>
K	4060	6760	6280
Al	84	103	178
Ca	100000	107000	348000
Mg	7880	9200	28500
P	1430	2390	3070
Fe	170	240	452
Mn	27	34	46
Cu	1.74	2.77	3.72
Cr	4.19	4.06	7.14
Zn	39	75	104
Se	1.45	1.12	2.13
Pb	<0.50	0.69	1.73
Cd	0.19	0.29	0.71
As	0.13	0.07	0.05
Hg	0.002	0.004	0.012

3 讨论

目前,关于蛇尾的营养成分研究报道较少,张慧等(2011)对金氏真蛇尾的营养成分进行了研究,而本研究涉及的紫蛇尾营养成分此前已有两篇研究报道(王荣镇等,2010;姜森颖等,2012)。总体而言,蛇尾的体成分组成相似,其水分含量均较低,而灰分含量较高,无机元素中钙、镁含量很高。但是,就紫蛇尾来看,不同报道研究结果存在一定差异,本研究结果的水分含量结果与姜森颖等(2012)的研究结果一致,而与王荣镇等(2010)的研究结果不同,其蛋白、脂肪和灰分含量均差异较大。另外,其他营养成分,包括氨基酸、脂肪酸和矿物质元素含量报道间也存在差别,这可能与样品来源、采集时间、测定手段等相关。对于同一种类的营养成分测定结果不同也说明,样品来源、测定过程和方法等对研究结果影响较大,做相关分析比较时必须考虑这些因素。本研究比较3种蛇尾的营养成分,在相同的实验背景下研究,保证了研究结果的可靠性。

棘皮动物的常规营养成分与很多其他动物类群,例如脊索动物门的鱼类、节肢动物门的甲壳类及软体动物门的贝类等差异较大(温成器,1997;潘英等,2001;房英春等,2007;梁萌青等,2010;王建新等,2010;王荣镇等,2010;王颖等,2013),即使棘皮动物各个纲之间的常规营养成分差异也较大(姜健等,2004;牛宗亮等,2009;刘小芳等,2011)。刺参的水分含量可达90%(郭娜等,2011),多棘海盘车内脏的水分含量分别可达69.80%(郝林华等,1998),而本研究中3种蛇尾的水分含量均低于50%,这导致其干物质含量很高,同时其灰分含量达到了66.90%~80.70%,这主要是其体内含有大量钙质骨板所致(廖玉麟,2004)。从3种蛇尾的矿物质元素含量来看,钙、镁含量很高,这两种元素是钙质骨板的主要组成部分,其存在形态主要是碳酸钙和碳酸镁(杨德渐等,1999),这也印证了蛇尾灰分含量高的特点,同时较高的矿物质元素含量,使蛇尾成为较好的海洋食品开发对象,有可能应用于补钙产品的开发。

由于3种蛇尾的有机成分含量偏低,其氨基酸和脂肪酸含量均较低,氨基酸评分也均低于鱼类等高蛋白生物(梁萌青等,2010;王建新等,2010)。根据FAO/WHO的理想模式,质量较好的蛋白质其组成氨基酸的EAA/TAA为40%左右(冀德伟等,2009),而3种蛇尾的EAA/TAA均低于这一数值,不是较好的蛋白质供给源。虽然3种蛇尾的脂肪酸含量较低,但是,其中不饱和脂肪酸含量占脂肪酸的比例均超过了50%,

这一组成特点优于一些贝类和鱼类的脂肪酸组成(梁萌青等,2010;王颖等,2013)。

蛇尾在海洋中分布范围极广,遍布潮间带到几千米深的大洋底部(李覆雪等,1990;黄宗国,2008),其常聚集并呈斑块状分布,局部密度能够达到每平方米几百甚至上千只。据估计,仅大连獐子岛海域蛇尾存量就达20000 t。加之其体内大量碳酸钙成分,表明其可能对海洋碳汇具有重要意义。很多蛇尾种类以沉积物、悬浮有机颗粒为食(廖玉麟,2004),这可能将沉积物中的碳汇集到蛇尾体内,从而减缓由于底泥有机质分解而向海水和大气中释放的二氧化碳,对海洋碳汇起到积极作用。但是,由于蛇尾的相关研究资料较少,这其中有很多科学问题等待解决。

4 结论

本研究所涉及的3种蛇尾,水分含量较低,均低于其湿重的50%。因此,其干物质含量很高。其中,主要以碳酸钙、碳酸镁形式存在的钙、镁元素含量很高,可应用于补钙产品的开发。同时,其碳酸盐成分含量较高,可能成为海洋碳汇的重要种类,对底质碳元素的汇集、埋藏具有重要意义。

参 考 文 献

- 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
- 王荣镇, 郭承华, 董新伟, 等. 紫蛇尾(*Ophiopholis mirabilis*)主要营养成分含量测定. 营养学报, 2010, 32(4): 401-403
- 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
- 牛宗亮, 王荣镇, 董新伟, 等. 马粪海胆生殖腺营养成分的含量测定. 中国海洋药物, 2009, 28(6): 26-30
- 刘小芳, 薛长湖, 王玉明, 等. 乳山刺参体壁和内脏营养成分比较分析. 水产学报, 2011, 35(4): 587-593
- 李覆雪, 蔡立哲, 王雄进. 厦门港潮间带蛇尾类动物群落生态的研究. 生态学报, 1990, 10(3): 231-236
- 杨德渐, 孙世春. 海洋无脊椎动物学. 青岛: 青岛海洋大学出版社, 1999
- 张慧, 王荣镇, 郭承华. 金氏真蛇尾(*Ophiura kinbergi*)营养成分含量测定. 食品科学, 2011, 32(9): 282-284
- 房英春, 王晓益, 张慧, 等. 海参的营养及药用价值. 农技服务, 2007, 24(11): 64-64
- 郝林华, 李八方. 多棘海盘车营养成分的研究. 水产学报, 1998, 22(4): 385-388
- 姜健, 杨宝灵, 邵阳. 海参资源及其生物活性物质的研究. 生物技术通讯, 2004, 15(5): 537-540
- 姜森颖, 梁峻, 孙欣. 紫蛇尾的生化成分及作为饲料原料对

- 刺参幼参生长和存活的影响. 饲料工业, 2012, 33(16): 13-17
- 郭承华, 金海洙, 倪新江, 等. 金氏真蛇尾(*Ophiura kinbergi*) 蛇尾皂甙的制备及特性研究. 动物学报, 2001, 47(专刊 S1): 131-133
- 郭娜, 董双林, 刘慧. 几种饲料原料对刺参幼参生长和体成分的影响. 渔业科学进展, 2011, 32(1): 122-128
- 黄宗国. 中国海洋生物种类与分布. 北京: 海洋出版社, 2008
- 梁萌青, 雷霖霖, 吴新颖, 等. 3 种主养鲆鲽类的营养成分分析及品质比较研究. 渔业科学进展, 2010, 31(4): 113-119
- 温成器. 海胆是高级营养食品. 广东科技, 1997, (5): 23-24
- 廖玉麟. 中国动物志: 无脊椎动物 第四十卷 棘皮动物门 蛇尾纲. 北京: 科学出版社, 2004
- 潘英, 王如才, 罗永巨, 等. 海水和淡水养殖南美白对虾肌肉营养成分的分析比较. 青岛海洋大学学报(自然科学版), 2001, 31(6): 828-834
- 冀德伟, 李明云, 史雨红, 等. 光唇鱼的肌肉营养组成与评价. 营养学报, 2009, 31(3): 298-300

(编辑 江润林)

The Analysis of Nutrient Components of Three Brittle Star Species in the North Yellow Sea

FANG Jinghui¹, ZHANG Jihong¹, JIANG Zengjie¹, MAO Yuze¹,
ZANG Yuanqi², FANG Jianguang^{1①}

(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. Qingdao Entry-Exit Inspection Quarantine Bureau, Qingdao 266000)

Abstract Nutrient components of brittle stars *Ophiopholis mirabilis*, *Stegophiura sladeni* and *Ophiura sarsii vadicola* collected in the North Yellow Sea of China were studied. Alive samples were frozen at -70°C , and then dried in a lyophilizer. The results showed that the moisture content of the brittle stars was less than 50%, and it was 41.61% in *S. sladeni* that was significantly lower than those in the others ($P<0.05$). The ash content in *S. sladeni* was 80.70%, which was higher than those of the others ($P<0.05$). The total amino acid content in the brittle stars was low, and the highest one was in *O. mirabilis* with 14.90% ($P<0.05$). The percentage of essential amino acids to the total amino acids (EAA/TAA) of *O. mirabilis*, *S. sladeni* and *O. sarsii vadicola* was 35.37%, 29.58% and 34.97%, respectively. The essential amino acids and flavour amino acids in *O. mirabilis* were significantly higher than those in the others ($P<0.05$). Furthermore, the highest amino acids score, chemical score and essential amino acids index were in *O. mirabilis*. The unsaturated fatty acids in *O. mirabilis*, *S. sladeni* and *O. sarsii vadicola* were 52.91%, 50.03% and 64.31%, respectively, and the highest one was in *O. sarsii vadicola* ($P<0.05$). However, the lowest saturated fatty acid was in *O. sarsii vadicola* with 13.32% ($P<0.05$). All species were rich in mineral element. The Ca and Mg contents in *O. sarsii vadicola* were significantly higher than those in the others ($P<0.05$), which were 348000 mg/kg and 28500 mg/kg, respectively. The results suggested that these three species are not good protein sources but suitable for developing function food for Ca supplement. The high carbonate content in brittle stars showed that brittle stars are probably important to the ocean carbon sink.

Key words *Ophiopholis mirabilis*; *Stegophiura sladeni*; *Ophiura sarsii vadicola*; Nutrient components

① Corresponding author: FANG Jianguang, E-mail: fangjg@ysfri.ac.cn