

# 青、白刺参(*Apostichopus japonicus*)体壁营养成分的比较分析\*

李忠清<sup>1,2</sup> 夏 斌<sup>1</sup> 王际英<sup>1①</sup> 黄炳山<sup>1</sup> 张利民<sup>1</sup> 李宝山<sup>1</sup>

(1. 山东省海洋资源与环境研究院 烟台 264006; 2. 上海海洋大学水产与生命学院 上海 201306)

**摘要** 通过对相同养殖环境条件下,青、白刺参(*Apostichopus japonicus*)体壁中营养成分(粗蛋白、粗脂肪、多糖、脂肪酸、氨基酸、微量元素等)的测定,比较两种刺参的营养品质与价值。结果显示,青、白刺参的出皮率,体壁中的水分、多糖和灰分含量差异显著( $P<0.05$ ),粗蛋白和粗脂肪差异不显著( $P>0.05$ )。青、白刺参体壁中均检测出 20 种主要脂肪酸,脂肪酸总量和多不饱和脂肪酸(PUFA)的含量差异不显著( $P>0.05$ ),而青刺参饱和脂肪酸(SFA)含量显著高于白刺参,单不饱和脂肪酸(MUFA)含量显著低于白刺参( $P<0.05$ )。MUFA 中青刺参的花生四烯酸(AA)和二十二碳六烯酸(DHA)含量均显著低于白刺参( $P<0.05$ )。青、白刺参体壁中检测出 17 种氨基酸,必需氨基酸(EAA)、鲜味氨基酸(FAA)和药效氨基酸(DAA)的含量均无显著差异( $P>0.05$ )。青刺参体壁中天冬氨酸和精氨酸含量均显著低于白刺参( $P<0.05$ )。青刺参体壁中 Mn 和 Cr 的含量显著低于白刺参( $P<0.05$ )。重金属元素 Pb、Cd、Hg、As 的含量均符合相关食品卫生标准。综合评价认为,相同养殖环境条件下,白刺参的出皮率、多糖含量、脂肪酸中不饱和脂肪酸含量、AA 和 DHA 的相对百分含量、氨基酸中天冬氨酸和精氨酸含量以及微量元素中 Mn 和 Cr 含量均优于青刺参。

**关键词** 白刺参;青刺参;体壁;营养成分

**中图分类号** S917.4 **文献标识码** A **文章编号** 2095-9869(2016)03-0101-07

我国约有 140 种海参,其中可食用海参有 20 多种,以北方黄、渤海区域的刺参(*Apostichopus japonicus*)品质和营养价值最高(李成林等, 2010; 常亚青等, 2004)。刺参的营养和药用价值在于其体壁含有丰富的胶原蛋白、酸性粘多糖及具有抗肿瘤作用的海参皂苷(苏秀榕等, 2003; Sun *et al*, 2010; Shimada, 1969; Moon *et al*, 1999; Thurmond *et al*, 1995)。此外,刺参还含有丰富的矿物元素、不饱和脂肪酸、氨基酸(尤其

呈味氨基酸及精氨酸较高)(樊绘曾, 2001; 李春艳等, 2006; Yutaka *et al*, 1990)。白刺参俗称“白玉参”,体内黑色素细胞缺乏,黑色素体不成熟(赵鹤凌, 2011)<sup>1</sup>,以及多种基因在黑色素合成信号通路上的表达受到抑制(马得友, 2013)<sup>2</sup>。目前为止,关于白刺参营养成分的研究尚未见报道。本研究对相同养殖环境条件下的白刺参和青刺参体壁营养成分进行分析,从而探讨两种刺参营养品质与价值的差异。

\* 国家海洋生物产业-水生动物营养与饲料研发创新示范平台资金(201501004)、山东省现代农业产业技术体系刺参创新团队(SDAIT-08-011-08)、国家海洋公益性行业科研专项(201505022)和烟台市科技发展计划(2015ZH075)共同资助。李忠清, E-mail: longxingzhongqing@163.com

① 通讯作者: 王际英, 研究员, E-mail: ytwjy@126.com

收稿日期: 2015-04-25, 收修改稿日期: 2015-06-12

1) 赵鹤凌. 刺参 *Apostichopus japonicus*(Selenka)白化特征发生机理的基础研究. 中国科学院研究生院(海洋研究所)博士研究生学位论文, 2011, 18-19

2) 马得友. 基于高通量测序的刺参白化发生和子代体色分离研究. 中国科学院大学博士研究生学位论文, 2013, 31-32

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

实验所用青、白刺参均为健康苗种,放养在 3 m×6 m、水深 1 m 左右的养殖池内,池底均放有波纹板支架及 60 cm×60 cm 的波纹板,每池放养 90 头(5 头/m<sup>2</sup>),设 3 个平行。实验在微流水环境中进行,采用充气增氧,溶氧>6.5 mg/L,控制水温 18–21℃,pH 7.8–8.2,盐度 28–32,亚硝酸氮、氨氮均<0.05 mg/L,其他生长环境因子均相同,青、白刺参在养殖期间均投喂相同的人工饵料。

### 1.2 样品采集与处理

随机从每个养殖池内各捞取 20 头刺参,依次用消过毒的纱布吸干刺参表面的水分,再将其置于灭菌后的培养皿上称重,实验所取青、白刺参的平均体重分别为(44.21±3.96) g 和(40.30±4.02) g。依次解剖,去除内脏后测定其出皮率。去除石灰环并用过滤后的海水冲洗,称重。用剪刀将解剖后的青、白刺参剪成小块,并用组织捣碎机捣碎。将捣碎后的青、白刺参均分成两份,一份放在烘箱中(105℃)烘至恒重,存放于干燥器中备用;另一份存放于–80℃的冰箱中备用。

### 1.3 样品的测定与方法

水分采用 105℃烘干恒重法(GB 5009.3-2010);粗蛋白质采用杜马斯燃烧法(Leco-FP528,美国);粗脂肪采用索氏抽提法(GB/T14772-2008);灰分采用 550℃马弗炉灼烧恒重法(GB5009.4-2010);多糖含量测定以葡萄糖为标准品,采用苯酚-硫酸法(王光亚等,2002)。

脂肪酸测定:脂肪酸的测定参照 Metcalfe 等(1966)和马晶晶等(2014)的方法。称取约 300 mg 捣碎的备用样品于 50 ml 带帽的消化管中,经甲酯化(正己烷 2 ml、甲酰氯 3 ml、6% K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 5 ml、正己烷 2 ml)等处理后,采用气相色谱仪(GC-2010,岛津,日本)火焰离子化检测器(FID)检测。采用 Supelco 37 种脂肪酸甲酯混标(Supelco, Bellefonte, PA, 美国)识别样品脂肪酸,采用面积归一法计算脂肪酸相对百分含量。

氨基酸测定:从干燥器的备用样品中称取约 30 mg,样品经 6 mol/L HCl, 110℃封管水解 22 h,赶酸,过 0.22 μm 滤膜后,用氨基酸自动分析仪(L-8900,日立,日本)测定(GB/T5009.124-2003)。

微量元素测定:从–80℃冰箱中取出备用样品,分别称约 1 g 鲜样品放入微波消解罐中,加入 10 ml 硝酸,经微波消解仪(MARS XPRESS, CEM, 美国)

消解等处理后,用电感耦合等离子体质谱仪(7500 CE, Aglient, 美国)测定样品中 Ca、Fe、Mg、Cu、Cr、Zn、Mn 的含量。

重金属元素测定:从–80℃冰箱中取出备用样品,分别称约 1 g 样品放入微波消解罐中,加入 10 ml 硝酸,经微波消解仪(MARS XPRESS, CEM, 美国)消解等处理后,用原子荧光形态分析仪(SA-10,北京吉天,中国)测定样品中 Cd、Pb、As、Hg 元素的含量。

### 1.4 数据统计分析

对青、白刺参体壁中蛋白质营养价值的评定基于 FAO/WHO 模式和国家食品卫生研究所提出的全鸡蛋蛋白模式进行比较(唐雪等,2011;孙雷等,2008),计算公式如下:

氨基酸评分(%)(AAS) = 待评蛋白质中氨基酸含量(mg/g)/参考蛋白质中同种氨基酸含量(mg/g)×100

化学评分(%)(CS) = 待评蛋白质中氨基酸含量(mg/g)/鸡蛋蛋白质中同种氨基酸含量(mg/g)×100

采用 SPSS 19.0 软件对数据进行独立样本的 T 检测,确定其组间差异显著性( $P < 0.05$ ),取置信水平 95%。统计数据以平均值±标准差( $\bar{X} \pm SD$ )表示。

## 2 结果

### 2.1 两种海参中蛋白质、粗脂肪、灰分、多糖的含量分析

由表 1 可知,白刺参出皮率显著高于青刺参( $P < 0.05$ )。青、白刺参体壁中水分含量分别为 90.37%和 91.32%。白刺参体壁中的灰分和多糖含量显著高于青刺参( $P < 0.05$ )。青、白刺参体壁干物质中粗蛋白和粗脂肪的含量均无显著差异( $P > 0.05$ )。

### 2.2 脂肪酸组成分析

由表 2 可知,青刺参体壁中检测出 20 种脂肪酸,其中,饱和脂肪酸(SFA)7 种,单不饱和脂肪酸(MUFA)5 种,多不饱和脂肪酸(PUFA)8 种;总脂肪酸的相对含量为 67.52%,其中, SFA、MUFA 和 PUFA 相对含量分别为 23.42%、21.65%和 22.67%。白刺参体壁含 20 种脂肪酸,其中, SFA 6 种, MUFA 5 种, PUFA 9 种;总脂肪酸的相对含量 67.42%,其中, SFA、MUFA 和 PUFA 相对含量分别为 21.33%、23.02%和 23.18%。青、白刺参体壁中所含总脂肪酸的相对含量及 PUFA 的相对含量均无显著差异( $P > 0.05$ ),而 SFA 和 MUFA 的相对含量均有显著性差异( $P < 0.05$ )。青刺参体壁中 C16:0 和 C18:0 的相对含量均显著高于白刺参( $P < 0.05$ );

表 1 青、白刺参的出皮率和体壁基本营养成分

Tab.1 Production rate and nutrient composition of the body wall of green and white sea cucumbers (mean±SD)

刺参 Sea cucumber	出皮率 Body wall production rate (%)	水分 Moisture (%)	灰分(干基) Ash (Dry matter) (%)	粗蛋白(干基) Crude protein(Dry matter) (%)	粗脂肪(干基) Crude lipid (Dry matter) (%)	多糖(干基) Polysaccharides (Dry matter) (%)
白刺参 White sea cucumber	66.08±2.42 <sup>a</sup>	91.32±0.31 <sup>a</sup>	32.06±0.11 <sup>a</sup>	48.30±0.16	2.59±0.25	2.13±0.06 <sup>a</sup>
青刺参 Green sea cucumber	61.60±2.57 <sup>b</sup>	90.37±0.13 <sup>b</sup>	29.99±0.10 <sup>b</sup>	47.72±0.40	2.67±0.18	1.85±0.07 <sup>b</sup>

注: 同列间无字母或数据肩标相同字母表示差异不显著( $P > 0.05$ ), 不同小写字母表示差异显著( $P < 0.05$ )。下表同

Note: In same column, values with no letter or the same letter superscripts indicated no significant difference ( $P > 0.05$ ), and values with different superscripts indicated significant difference ( $P < 0.05$ ). The same applied as below

表 2 青、白刺参体壁脂肪酸的组成与含量(干基)

Tab.2 Composition and content of fatty acids in the body wall of green and white sea cucumbers (mean±SD)

脂肪酸 Fatty acids	青刺参 Green sea cucumber (%)	白刺参 White sea cucumber(%)
饱和脂肪酸 SFA		
C14:0	1.15±0.03	1.19±0.08
C15:0	0.30±0.03	0.27±0.02
C16:0	12.40±0.10 <sup>a</sup>	11.61±0.14 <sup>b</sup>
C17:0	1.29±0.04	1.34±0.05
C18:0	5.52±0.04 <sup>a</sup>	5.21±0.06 <sup>b</sup>
C20:0	1.38±0.08	1.30±0.06
C22:0	1.38±0.10	—
单不饱和脂肪 MUFA		
C16:1n-7	8.20±0.27	8.25±0.14
C18:1n-7	5.73±0.14	5.49±0.14
C18:1n-9	5.67±0.04 <sup>a</sup>	6.08±0.03 <sup>b</sup>
C20:1n-7	2.33±0.05 <sup>a</sup>	2.60±0.05 <sup>b</sup>
C22:1n-9	0.41±0.03	0.43±0.03
多不饱和脂肪酸 PUFA		
C18:2n-6	4.21±0.03	4.16±0.02
C18:3n-3	1.10±0.03	1.12±0.04
C18:3n-6	0.30±0.02	0.29±0.01
C20:2n-9	—	0.50±0.02
C20:3n-6	0.33±0.02	0.32±0.02
20:4n-6 AA	6.73±0.10 <sup>a</sup>	7.18±0.08 <sup>b</sup>
20:5n-3 EPA	6.57±0.17	6.24±0.18
22:5n-3 DPA	0.26±0.03	0.23±0.02
22:6n-3 DHA	3.10±0.06 <sup>a</sup>	3.60±0.16 <sup>b</sup>
总量 Total	67.52±0.61	67.42±0.17
∑SFA	23.42±0.18 <sup>a</sup>	21.33±0.28 <sup>b</sup>
∑MUFA	21.65±0.50 <sup>a</sup>	23.02±0.09 <sup>b</sup>
∑PUFA	22.67±0.61	23.18±0.57
∑n-3 PUFA	11.35±0.14	11.18±0.20
∑n-6 PUFA	11.50±0.16	11.63±0.23
n-3/ n-6	0.99±0.01	0.96±0.02

注: —. 未检出 not detected

而青刺参体壁中 C18:1n-9 和 C20:1n-7 的相对含量均显著低于白刺参( $P < 0.05$ );青刺参体壁中 AA 和 DHA 相对含量均显著低于白刺参( $P < 0.05$ )。青、白刺参体壁中其他脂肪酸组分的相对含量均无显著性差异( $P > 0.05$ )。

### 2.3 氨基酸组成分析

由表 3 可知, 青、白刺参的体壁中检测出 17 种氨基酸, 其中含 7 种必需氨基酸(EAA)、6 种鲜味氨基酸(FAA)、6 种药效氨基酸(DAA)。青、白刺参体壁中所含氨基酸总量分别为 39.41%和 39.89%, 无显著性差异( $P > 0.05$ )。其中, 青、白刺参体壁中必需氨基酸的含量无显著性差异( $P > 0.05$ ); 鲜味氨基酸的含量分别为 21.51%和 21.63%, 无显著性差异( $P > 0.05$ ); 药效氨基酸的含量也无显著性差异( $P > 0.05$ )。青、白刺参体壁氨基酸组分中含量最高的均为谷氨酸(Glu), 分别为 7.78%和 7.34%, 含量最低的均为组氨酸(His), 分别为 0.61%和 0.54%, 均无显著差异( $P > 0.05$ )。青刺参体壁中天冬氨酸含量显著低于白刺参( $P < 0.05$ ); 青刺参体壁中精氨酸含量也显著低于白刺参( $P < 0.05$ )。青、白刺参体壁中其他氨基酸组分含量均无显著性差异( $P > 0.05$ )。

### 2.4 氨基酸营养评价

为更好地评价青、白刺参体壁中氨基酸的营养价值, 本研究将氨基酸含量折算成每克蛋白质中含氨基酸的量(mg)与 FAO/WHO 制定的氨基酸标准模式和全鸡蛋蛋白模式进行比较(唐雪等, 2011; 孙雷等, 2008), 分别计算出青、白刺参体壁中必需氨基酸的化学分(CS)和氨基酸分(AAS)(表 4 和表 5)。青、白刺参体壁中苏氨酸的 AAS 分别为 123.74 和 124.35, 均超过 100, CS 分别为 97.05 和 97.53, 也接近 100; 苯丙氨酸+酪氨酸的 AAS 分别为 121.85 和 116.49, 也均超过 100, 但 CS 相对较低, 分别为 73.13 和 66.87。

## 2.5 微量元素及重金属元素含量的分析

本研究分别对青、白刺参体壁鲜样中7种微量元素(表6)和4种重金属元素(表7)的含量进行了测定。青、白刺参体壁中均含有丰富的钙(Ca)、铁(Fe)、镁(Mg)、锌(Zn)等微量元素。青、白刺参体壁中含量最高的元素均为Mg元素,含量分别为1517.87 mg/kg和1523.71 mg/kg,无显著性差异( $P > 0.05$ )。青、白刺参体壁鲜样中Cr的含量分别为0.37 mg/kg和0.41 mg/kg,青刺参体壁中含量显著低于白刺参( $P < 0.05$ );青、白刺参体壁鲜样中Mn含量分别为0.56 mg/kg和0.60 mg/kg,青刺参体壁中含量也显著低于白刺参( $P < 0.05$ )。青、白刺参体壁鲜样中其他微量元素均无显著差异( $P > 0.05$ )。青、白刺参体壁鲜样中重金属元素Cd、Pb、As、Hg的含量均无显著性差异( $P > 0.05$ ),且均符合国家食品卫生标准要求。

## 3 讨论

出皮率是评价刺参品质是否优良的一个重要指标(Jiang *et al*, 2013; 刘小芳等, 2011; 李丹彤等, 2009),出皮率高说明刺参品质优良,本研究结果显示,白刺参出皮率比青刺参显著高4.48%。海参体壁中的多糖类成分具有提高机体免疫力和抗癌等作用(马同江等, 1982),白刺参体壁中多糖含量比青刺参高0.28%,本研究测得多糖含量介于展学孔等(2011)的1.25%~2.51%(表1中多糖为2.13%、1.85%)之间。究其原因,一方面是不同的种类、不同季节和不同养殖条件造成海参体壁中多糖的含量存在一定差异(刘小芳等, 2011);另一方面为目前测定多糖的方法不统一,因而得出的多糖含量不同。Jiang等(2013)曾对相同养殖环境下青、红刺参体壁的营养成分进行过报道,其测得红刺

表3 青、白刺参体壁中氨基酸的组成与含量(干基)

Tab.3 Composition and content of amino acids in the body wall of green and white sea cucumbers (mean±SD)

氨基酸 Amino acids	青刺参 Green sea cucumber (%)	白刺参 White sea cucumber (%)
天门冬氨酸 Asp <sup>②③</sup>	4.01±0.09 <sup>a</sup>	4.39±0.14 <sup>b</sup>
苏氨酸 Thr <sup>①</sup>	2.33±0.04	2.53±0.10
丝氨酸 Ser <sup>②</sup>	2.04±0.04	2.18±0.08
谷氨酸 Glu <sup>②③</sup>	7.78±0.32	7.34±0.21
脯氨酸 Pro <sup>②</sup>	1.81±0.12	1.97±0.10
甘氨酸 Gly <sup>②③</sup>	3.77±0.52	4.02±0.28
丙氨酸 Ala <sup>②</sup>	2.03±0.16	2.18±0.22
半胱氨酸 Cys <sup>③</sup>	0.61±0.07	0.63±0.04
缬氨酸 Val <sup>①</sup>	1.95±0.08	2.02±0.02
甲硫氨酸 Met <sup>①</sup>	0.86±0.06	0.84±0.16
异亮氨酸 Ileu <sup>①</sup>	1.29±0.03	1.31±0.03
亮氨酸 Leu <sup>①</sup>	1.93±0.12	2.02±0.06
酪氨酸 Tyr <sup>③</sup>	1.84±0.10	1.71±0.08
苯丙氨酸 Phe <sup>①</sup>	1.65±0.10	1.52±0.09
赖氨酸 Lys <sup>①</sup>	1.93±0.16	1.83±0.04
组氨酸 His	0.61±0.09	0.54±0.05
精氨酸 Arg <sup>③</sup>	2.61±0.06 <sup>a</sup>	3.14±0.08 <sup>b</sup>
∑必需氨基酸 EAA	12.46±0.30	12.54±0.08
∑鲜味氨基酸 FAA	21.51±0.46	21.63±0.40
∑药效氨基酸 DAA	20.87±0.84	21.04±0.43
∑氨基酸 TAA	39.41±0.22	39.89±0.51
∑EAA/∑TAA	31.63	31.82
∑EAA/∑NEAA	46.06	46.19

注: ①必需氨基酸; ②鲜味氨基酸; ③药效氨基酸

Note: ①Essential amino acids; ②Flavor amino acids; ③Drug-effective amino acids

表4 青刺参体壁氨基酸组分的评价

Tab.4 Evaluation of amino acids in the body wall of green sea cucumber (mean±SD)

必需氨基酸 EAA	青刺参 Green sea cucumber(mg/g)	青刺参 Green sea cucumber		鸡蛋蛋白 Egg protein (mg/g)	评分标准 FAO/WHO
		化学分 Chemical score	氨基酸分 Amino acid score		
苏氨酸 Thr	49.52±0.63	97.05±1.24	123.74±1.58	51	40
缬氨酸 Val	41.01±1.70	56.15±2.31	81.98±3.37	73	50
蛋氨酸+半胱氨酸 Met+Cys	31.04±2.63	56.40±4.30	88.64±7.52	55	35
异亮氨酸 Ileu	27.11±1.04	41.05±1.57	67.74±2.60	66	40
亮氨酸 Leu	40.53±2.61	46.04±2.95	57.88±3.72	88	70
苯丙氨酸+酪氨酸 Phe+Tyr	73.17±3.95	73.13±3.95	121.85±4.92	100	60
赖氨酸 Lys	40.38±3.42	63.07±5.34	73.38±6.23	64	55

表 5 白刺参体壁氨基酸组分的评价  
Tab.5 Evaluation of amino acids in the body wall of white sea cucumber (mean±SD)

必需氨基酸 EAA	白刺参 White sea cucumber (mg/g)	白刺参 White sea cucumber		鸡蛋蛋白 Egg protein(mg/g)	评分标准 FAO/WHO
		化学分 Chemical score	氨基酸分 Amino acid score		
苏氨酸 Thr	49.74±0.48	97.53±0.95	124.35±1.21	51	40
缬氨酸 Val	41.76±0.41	57.21±0.56	83.52±0.82	73	50
蛋氨酸+半胱氨酸 Met+Cys	31.27±0.48	56.67±2.4	89.06±3.47	55	35
异亮氨酸 Ileu	27.14±0.49	41.13±0.76	67.86±1.24	66	40
亮氨酸 Leu	41.78±1.25	47.48±1.43	59.69±1.80	88	70
苯丙氨酸+酪氨酸 Phe+Tyr	66.87±3.89	66.87±3.90	116.49±6.49	100	60
赖氨酸 Lys	37.91±3.88	59.23±4.37	70.53±5.59	64	55

表 6 青、白刺参体壁中微量元素含量比较

Tab.6 Comparison of contents of trace elements in the body wall of green and white sea cucumbers

微量元素 Trace element	青刺参	白刺参
	Green sea cucumber	White sea cucumber
	鲜样 Wet matter (mg/kg)	鲜样 Wet matter(mg/kg)
钙 Ca	738.59±3.20	734.86±4.68
铁 Fe	2.06±0.10	2.11±0.03
镁 Mg	1517.87±57.72	1523.71±48.74
锌 Zn	2.44±0.31	2.32±0.13
铜 Cu	0.27±0.05	0.28±0.05
铬 Cr	0.37±0.01 <sup>a</sup>	0.41±0.01 <sup>b</sup>
锰 Mn	0.56±0.02 <sup>a</sup>	0.60±0.02 <sup>b</sup>

表 7 青、白刺参体壁中重金属含量

Tab.7 Contents of heavy metal elements in the body wall of green and white sea cucumbers

重金属元素 Heavy metal element	青刺参	白刺参
	Green sea cucumber	White sea cucumber
	鲜样 Wet matter(mg/kg)	鲜样 Wet matter(mg/kg)
镉 Cd	0.04±0.01	0.04±0.01
铅 Pb	0.14±0.01	0.15±0.01
砷 As	0.02±0.00	0.02±0.00
汞 Hg	< 0.01	< 0.01

参的出皮率和粗脂肪与本研究白刺参的结果相似, 而红刺参体壁灰分含量低于白刺参, 粗蛋白则高于白刺参。

由脂肪酸的测定结果比较分析可知, 青刺参体壁中 SFA 相对含量最高, 白刺参体壁中 PUFA 的相对百分含量最高。脂肪酸的营养价值主要体现在 PUFA 上, PUFA 匮乏会导致机体心脏、大脑等器官严重发育不良(Samadi *et al*, 2006; Kitajka *et al*, 2002)。此外, 青刺参体壁中的 MUFA 显著低于白刺参, 相关研究

表明, MUFA 不仅有降低胆固醇的作用, 还有促进人体类脂代谢的功能(Thomsen *et al*, 1999)。WHO 推荐, 食物中 n-3/n-6 的值要 >0.1 才对人体健康有益(Sánchez-Machado *et al*, 2004), 青、白刺参体壁中 n-3/n-6 值都近似于 1, 均符合健康食品的要求。脂肪酸组分中, 青刺参体壁中 AA 和 DHA 的相对含量均显著低于白刺参。

青、白刺参体壁中均检测出 17 种氨基酸。其中 EAA 含量显著高于其他近 20 余种海参(李春艳等, 2006)。青刺参体壁中天冬氨酸和精氨酸含量均显著低于白刺参。青、白刺参体壁中其他氨基酸组分均无显著差异。根据 FAO/WHO 制定的必需氨基酸标准评分模式(AAS), 青、白刺参体壁的氨基酸分分别在 57-125 和 59-124 之间, 其中, 青、白刺参体壁中苏氨酸和苯丙氨酸+酪氨酸的 AAS 均超过 100。

青、白刺参体壁中富含人体必需的微量元素, 尤其是 Ca、Fe、Mg 含量较高, 这与刘小芳等(2011)、王哲平等(2012)、肖宝华等(2014)和董晓弟等(2013)对刺参微量元素的研究结果一致。此外, 青、白刺参体壁中 Zn 含量均高于海胆、鱼翅等海产品, 而 As、Hg、Pb、Cd 重金属含量低于其他海洋贝类(邓必阳等, 1999; 章超桦等, 2000; 杨宝灵等, 2009)。白刺参体壁中的 Mn 和 Cr 含量均显著高于青刺参。

我国《食品中污染物限量标准》(GB-2762, 2012)对水产品(鲜品)中重金属限量指标为: Pb ≤ 1.0 mg/kg, Cd ≤ 0.1 mg/kg, As ≤ 0.5 mg/kg, Hg ≤ 0.5 mg/kg。青、白刺参体壁中重金属含量均明显低于国家食品卫生标准。

## 4 结论

本研究对相同养殖环境下青、白刺参体壁营养成分进行了比较分析, 结果显示, 白刺参的出皮率、多

糖含量、脂肪酸中不饱和脂肪酸含量、AA 和 DHA 的相对含量,氨基酸中天冬氨酸和精氨酸含量以及微量元素 Mn 和 Cr 含量均优于青刺参。

## 参 考 文 献

- 马晶晶, 王际英, 孙建珍, 等. 饲料中 DHA/EPA 值对星斑川鲷幼鱼生长、体组成及血清生理指标的影响. 水产学报, 2014, 38(2): 244-256
- 马同江, 周清凯, 蔡云见. 海参的药理作用及应用. 海洋药物, 1982, 2(2): 9-13
- 王哲平, 刘洪, 曹荣, 等. 野生与养殖刺参营养成分的比较分析. 南方水产科学, 2012, 8(2): 64-70
- 王光亚, 王竹, 白鸿, 等. 保健食品功效成分检测方法. 北京: 中国轻工业出版社, 2002, 9-19
- 邓必阳, 张展霞. 鲨鱼软骨营养成分分析及其评价. 营养学报, 1999, 21(1): 104-108
- 孙雷, 周德庆, 盛晓风. 南极磷虾营养评估与安全性研究. 海洋水产研究, 2008, 29(2): 57-64
- 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
- 李成林, 宋爱环, 胡炜, 等. 山东省刺参养殖产业现状分析与可持续发展对策. 渔业科学进展, 2010, 31(4): 126-133
- 李丹彤, 常亚青, 吴振海, 等. 獐子岛夏秋季野生仿刺参体壁营养成分的分析. 水产科学, 2009, 28(7): 365-369
- 李春艳, 常亚青. 海参的营养成分介绍. 科学养鱼, 2006(2): 71-72
- 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
- 肖宝华, 杨小东, 劳赞, 等. 北方刺参与南方糙海参口感及营养成分比较分析. 水产科技情报, 2014, 41(6): 280-289
- 杨宝灵, 姜健, 王冰, 等. 海胆微量元素的光谱测定. 安徽农业科学, 2009, 37(2): 613-615
- 董晓弟, 潘如佳, 王长海. 海地瓜、黑乳参和乌皱辐肛参营养成分对比. 现代食品科技, 2013, 29(12): 2986-2990
- 展学孔, 周海妹, 马小花, 等. 海参多糖提取新工艺. 中国实验方剂学杂志, 2011, 17(15): 40-42
- 唐雪, 徐钢春, 徐跑. 野生与养殖刀鲚肌肉营养成分的比较分析. 动物营养学报, 2011, 23(3): 514-520
- 常亚青, 丁君, 宋坚, 等. 海参、海胆生物学研究与养殖. 北京海洋出版社, 2004, 56
- 章超桦, 吴红棉, 洪鹏志, 等. 马氏珠母贝肉的营养成分及其游离氨基酸组成. 水产学报, 2000, 24(2): 180-184
- 樊绘曾. 海参: 海中人参. 中国海洋药物杂志, 2001(4): 37-44
- Jiang SH, Dong SL, Gao QF, *et al.* Comparative study on nutrient composition and growth of green and red sea cucumber, *Apostichopus japonicus* (Selenka, 1867), under the same culture conditions. *Aquac Res*, 2013, 44, 317-320
- Kitajka K, Puskas LG, Zvara A, *et al.* The role of n-3 polyunsaturated fatty acids in brain: Modulation of rat brain gene expression by dietary n-3 fatty acid. *PNAS*, 2002, 99(5): 2619-2224
- Moon JH, Ryu HS, Suh JS. Antitumor effects of glycoproteins extracted from sea cucumber (*Stichopus japonicus*). *J Food Sci Nutr*, 1999, 4(2): 117
- Metcalfe LD, Schmitz AA, Pelka JR. Rapid preparation of fatty acids esters from lipids for gas chromatographic analysis. *Anal Chem*, 1966, 38(3): 514-515
- Shimada S. Antifungal Steroid glycoside from sea cucumber. *Science*, 1969, 163(3874): 1462
- Sun WH, Leng KL, Lin H, *et al.* Analysis and evaluation of chief nutrient composition in different parts of *Stichopus japonicus*. *Chinese J Anim Nutr*, 2010, 22(1): 212-220
- Sánchez-Machado DI, López-Cervantes J, López-Hernández J, *et al.* Fatty acids, total lipid, protein and ash contents of processed edible seaweeds. *Food Chem*, 2004, 85(3): 439-444
- Samadi PG, Regoire L, Rouillard C. Do cosahexaenoic acid reduces levodopa induced dyskinesias in 1-methyl-4-phenyl-1, 2, 3, 6 tetrahydropyridine monkeys. *Ann Neurol*, 2006, 59: 282-288
- Thomsen C, Rasmussen O, Lousen T, *et al.* Differential effects of saturated and monounsaturated fatty acids on postprandial lipemia and incretin responses in healthy subjects. *Am J Clin Nutr*, 1999, 69(6): 1135-1143
- Thurmond F, Totter T. Covalent composition of colla2 gen fibrils from the dermis of the sea cucumber, *Cucumaria fronda*, a tissue with mutable mechanical properties. *Comp Biochem Physiol*, 1995(112A): 463-478
- Yutaka K, Shugo W, Kanehisa H, *et al.* Occurrence of chondroitin sulfate E in glycosaminoglycan isolated from the body wall of sea cucumber *Stichopus japonicus*. *J Biol Chem*, 1990, 265(9): 5081-5085

(编辑 刘丛力)

## Comparative Study on Nutrient Composition of Body Walls of Green and White Sea Cucumbers (*Apostichopus japonicus*)

LI Zhongqing<sup>1,2</sup>, XIA Bin<sup>1</sup>, WANG Jiyong<sup>1</sup>①, HUANG Bingshan<sup>1</sup>, ZHANG Limin<sup>1</sup>, LI Baoshan<sup>1</sup>

(1. Shandong Marine Resource and Environment Research Institute, Yantai 264006;

2. College of Fisheries and Life Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306)

**Abstract** In this study we compared the nutrient compositions of the body walls of green and white sea cucumbers that were cultured in the same environment. It was found that there were significant differences in the contents of moisture, polysaccharides and ash, as well as the production rate of the body wall between the green and white sea cucumbers ( $P < 0.05$ ). However, there was no difference in the content of crude proteins and crude fat ( $P > 0.05$ ). Twenty major types of fatty acids were detected in the body wall, and there were no significant differences in the contents of the total fatty acids and polyunsaturated fatty acids ( $P > 0.05$ ). The content of saturated fatty acids was higher in green sea cucumber than in white sea cucumber, whereas the content of monounsaturated fatty acids was lower in green sea cucumber ( $P < 0.05$ ). Contents of AA and DHA were also lower in green sea cucumber ( $P < 0.05$ ). Seventeen types of major amino acids were detected in body walls, and the contents of EAA, FAA and DAA were not significantly different between white and green sea cucumbers ( $P > 0.05$ ). Green sea cucumbers had lower levels of aspartic acid, arginine, Mn, and Cr in the body wall than white sea cucumber ( $P < 0.05$ ). The contents of heavy metals such as Pb, Cd, Hg and As in the body wall of both green and white sea cucumbers met the food safety standard. In conclusion, under the same culture conditions, white sea cucumber exhibited higher quality than green sea cucumber in terms of the production rate of the body wall, the contents of polysaccharide and unsaturated fatty acid, the relative percentage of AA and DHA, and the levels of arginine, aspartic acid and trace elements (Mn and Cr).

**Key words** White sea cucumber; Green sea cucumber; Body wall; Nutrient composition

---

① Corresponding author: WANG Jiyong, E-mail: ytwjy@126.com