

## 工厂化养殖仿刺参营养品质分析与评价

高磊<sup>1</sup>, 赫崇波<sup>1\*</sup>, 鲍相渤<sup>1</sup>, 苏浩<sup>1</sup>, 高祥刚<sup>1</sup>,  
李云峰<sup>1</sup>, 刘卫东<sup>1</sup>, 马真<sup>2</sup>

(1. 辽宁省海洋水产科学研究院, 辽宁省海洋水产分子生物学重点实验室, 辽宁大连 116023;

2. 大连市水产研究所, 辽宁大连 116023)

**摘要:** 为了更好地了解工厂化养殖仿刺参的营养成分和品质, 本研究采用国标等方法, 分别对工厂化养殖、池塘养殖、底播自然生长和海捕野生仿刺参的各项营养成分进行了分析和评价。结果显示, 工厂化养殖仿刺参出皮率为62.7%~65.8%, 煮后出皮率为24.8%~31.1%, 显著高于其他来源仿刺参。工厂化养殖仿刺参的必需氨基酸/非必需氨基酸为0.46~0.50, 氨基酸营养价值平均得分为87.89~90.42, 均高于其他来源仿刺参, 说明其氨基酸营养价值水平较高。在其他营养成分方面, 工厂化养殖仿刺参与池塘养殖仿刺参较为相近。自然环境生长仿刺参由于摄食来源广泛、生长周期较长, 其蛋白质与脂肪水平普遍高于其他来源仿刺参。综合分析认为, 工厂化养殖仿刺参的营养价值与池塘养殖仿刺参相近, 在出皮率和氨基酸营养水平上优于池塘养殖和自然环境生长仿刺参, 说明工厂化养殖仿刺参具有较好的品质和营养价值。

**关键词:** 仿刺参; 工厂化养殖; 营养成分; 出皮率; 氨基酸营养价值

**中图分类号:** S 968.9

**文献标志码:** A

仿刺参(*Apostichopus japonicus*), 又称刺参, 属棘皮动物门(Echinodermata), 是传统的名贵海产品。我国仿刺参养殖业主要分布于辽宁和山东沿海, 2013年我国海参养殖产量超过19万t(主要为仿刺参), 产值达百亿元<sup>[1]</sup>。我国约有海参140余种, 可供食用的仅20种, 其中以仿刺参品质最好, 营养价值最高<sup>[2]</sup>。仿刺参体壁含有丰富的海参皂苷、海参多糖和海参烟酸等生理活性物质, 具有抗衰老、抗肿瘤和抗凝血等作用, 对于调节血脂浓度和提高人体免疫力具有良好的功效<sup>[3]</sup>。

仿刺参的工厂化养殖是近几年出现的仿刺参养殖新模式, 正处于发展阶段。仿刺参工厂化养殖模式是对传统池塘养殖模式的转型和升级, 具有以下优点: 第一, 节约土地使用, 具有较广阔的发展空间; 第二, 对滩涂环境破坏

较小, 有效保护海洋环境和资源; 第三, 严格对养殖海水质量进行把关, 将产品质量安全隐患降到最低; 第四, 适温全年养殖, 加快仿刺参生长, 降低度夏和越冬风险。然而, 目前对于工厂化养殖仿刺参的营养成分还没有研究报告。工厂化养殖仿刺参的营养品质究竟如何, 能否满足人们对营养的需要。因此, 本研究对工厂化养殖仿刺参与其他来源仿刺参的营养成分进行了比较、分析和评价, 旨在全面了解工厂化养殖仿刺参的品质特征, 为仿刺参工厂化养殖技术的发展提供理论指导。

### 1 材料与方法

#### 1.1 实验对象与采样

为了分析评价工厂化养殖仿刺参营养成分,

收稿日期: 2015-07-09 修回日期: 2015-11-23

资助项目: 海洋公益性行业科研专项经费(201305001); 辽宁省科技计划(2014203006)

通信作者: 赫崇波, E-mail: chongbohe@163.com

本研究共采集4种不同来源仿刺参样品：(1)工厂化养殖仿刺参(I组)。根据不同采样地点，再分为I1与I2组)——在室内水泥池中进行养殖，通过投放人工饵料、附着基，以及安装温控设备为仿刺参生长提供适宜生长环境；(2)池塘养殖仿刺参(P组)——在露天泥底池塘中进行仿刺参养殖，通过设置参礁为仿刺参提供遮蔽场所，基本不投喂；(3)底播自然生长仿刺参(N组)——人工育苗，并投放于自然海域生长，养成后潜水捕捞；(4)海捕野生仿刺参(M组)——完全野生，于水产交易中心购买。样品采集时间为2014年11月，样品具体信息见表1。每组样品共采集20头，其中10头暂养

用于测定出皮率和煮后出皮率，其余10头装于密封袋中4℃保温运至实验室，解剖后去除内脏与石灰环，用于营养成分测定。每组实验设4个平行。

## 1.2 出皮率测定

将暂养仿刺参从水中取出测定体质量，在干滤纸上放置30 s后快速用电子天平称量<sup>[4]</sup>。仿刺参皮重测量方法是将称量完体质量的个体进行解剖，去除内脏和体腔液，置于滤纸上吸干水分，用电子天平称量。仿刺参煮后皮重测量方法是将上一步解剖后的仿刺参皮置于常温淡水

表1 实验用不同来源仿刺参

Tab. 1 Information of *A. japonicus* used in the study

样品简称 abbreviation	样品来源 sample sources	采集地点 collecting location	平均体质量/g weight	参龄/年 age	水温/℃ temperature	盐度 salinity	光照/lx illumination
I1	工厂化养殖	辽宁省海洋水产科学研究院育种中心	182.1	2	13.4	31.2	782
I2	工厂化养殖	辽宁省大连瓦房店市三台子乡	178.2	2	12.8	29.4	691
P	池塘养殖	辽宁省凌海市	153.9	2	6.2	32.5	2035
N	底播自然生长	辽宁省大连市玉兔岛	197.3	2~4	7.7	30.1	3584
M	海捕野生	辽宁省大连市大菜市水产交易中心	171.1	2~4			

注：水温、盐度和光照为采样时数据

Notes: the temperature, salinity and illumination were obtained when sampling

中，以小火加热，沸腾后持续10 min，取出置于滤纸上吸干水分，用电子天平称量。

仿刺参出皮率(%)=仿刺参皮重/仿刺参体质量×100

仿刺参煮后出皮率(%)=仿刺参煮后皮重/仿刺参体质量×100

## 1.3 一般营养成分分析

蛋白质：凯氏定氮法<sup>[5]</sup>；脂肪：索氏抽提法<sup>[6]</sup>；总糖：直接滴定法<sup>[7]</sup>；淀粉：酶水解法<sup>[8]</sup>；钠：火焰发射光谱法<sup>[9]</sup>。

碳水化合物(g)=总糖(g)+淀粉(g)

能量(kJ)=蛋白质(g)×17+脂肪(g)×37+碳水化合物(g)×17

## 1.4 氨基酸分析

氨基酸分析参照国家标准<sup>[10]</sup>，色氨酸使用碱水解法，胱氨酸使用过甲酸氧化法，其他氨基酸经6 mol/L盐酸处理后，由日立L-8900型全自动

氨基酸分析仪测定。利用FAO/WHO评价模式和化学评分模式对仿刺参的氨基酸营养价值进行评价。

氨基酸得分(%) (AAS)=待测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

化学得分(%) (CS)=待测蛋白质中氨基酸含量(mg/g)/鸡蛋蛋白中同种氨基酸含量(mg/g)×100

## 1.5 脂肪酸分析

脂肪酸经皂化、甲脂化，使用Thermo TRACE 1310气相色谱仪测定<sup>[11]</sup>。

## 1.6 活性成分分析

本研究中检测的仿刺参活性成分包括总皂苷、海参多糖、海参烟酸和胆固醇。总皂苷与海参多糖采用分光光度法测定(普析TU-1901)<sup>[12]</sup>。海参烟酸和胆固醇采用高效液相色谱法测定(Thermo Fisher U3000)<sup>[13-14]</sup>。

## 1.7 数据处理

所有实验数据均以平均值±标准差表示。利用Excel 2013软件进行数据统计。利用SPSS 16.0软件分析营养成分原始数据,对数据进行单因子方差分析,利用独立样本 $t$ -检验进行数据比较,利用Leven's test进行方差齐性检验,对不同数据进行DUNCAN多重比较,以 $P<0.05$ 作为差异显著标准。

## 2 结果与分析

### 2.1 仿刺参出皮率

I1、I2、P、N和M组的出皮率分别为62.7%、65.8%、55.4%、57.0%和57.3%,煮后出皮率分别为31.1%、24.8%、16.1%、21.3%和19.2%(图1)。I1和I2组出皮率高于P、N和M组,但差异不显著( $P>0.05$ )。I1组煮后出皮率显著高于其他处理组( $P<0.05$ ),I2组煮后出皮率显著高于P和M组( $P<0.05$ ),P组煮后出皮率显著低于其他处理组( $P<0.05$ )。

### 2.2 一般营养成分

不同处理组仿刺参水分、脂肪、能量和钠含量差异不显著( $P>0.05$ )(表2)。N和M组蛋白质含量显著高于I1、I2和P组( $P<0.05$ )。I1和I2组碳水化合物含量显著高于N组( $P<0.05$ )。

### 2.3 氨基酸组成

不同组仿刺参均含有17种氨基酸,但在氨基酸含量上有所差异(表3)。I1、I2和P组氨基酸组成及含量相似,其氨基酸总量(TAA)分别为

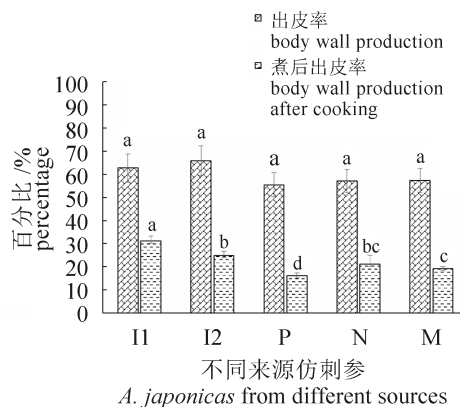


图1 不同来源仿刺参的出皮率与煮后出皮率

柱状图数值以平均值±标准差表示;柱状图上方的不同字母表示差异显著( $P<0.05$ )

Fig. 1 Body wall production and body wall production after cooking of *A. japonicus* from different sources

The data of histogram are presented as means ± SD; values on the bar sharing different superscript letters are significantly different ( $P<0.05$ )

2.51, 2.77和2.70 g/100g,必需氨基酸(EAA)分别为0.84, 0.87和0.83 g/100g。N与M组氨基酸组成及含量相似,且处于较高水平,其氨基酸总量分别为4.21和3.65 g/100g,必需氨基酸为1.14和1.06 g/100g。各组中谷氨酸与甘氨酸含量较高,其次为天冬氨酸、精氨酸和脯氨酸。必需氨基酸/非必需氨基酸(EAA/NEAA)在I1组中最高(0.50),在N组中最低(0.37)。在5组仿刺参中,人体必需的氨基酸含量顺序基本一致,为苏氨酸>亮氨酸>缬氨酸>赖氨酸>异亮氨酸>苯丙氨酸>蛋氨酸>色氨酸。在不同组仿刺参的呈味氨基酸组成中,甜味类氨基酸含量1.27~2.41 g/100g,苦味类氨基酸含量0.81~1.17 g/100g,酸味类氨基

表2 不同来源仿刺参营养成分比较

Tab. 2 Comparison of nutrient compositions of *A. japonicus* from different sources

一般营养成分 nutrient compositions	I1	I2	P	N	M
水分/(g/100g) moisture	92.12±1.69 <sup>a</sup>	92.64±1.57 <sup>a</sup>	91.98±1.72 <sup>a</sup>	91.20±1.64 <sup>a</sup>	91.41±1.41 <sup>a</sup>
蛋白质/(g/100g) protein	3.10±0.22 <sup>a</sup>	3.12±0.20 <sup>a</sup>	3.13±0.26 <sup>a</sup>	4.70±0.26 <sup>b</sup>	4.10±0.37 <sup>b</sup>
脂肪/(g/100g) lipid	0.12±0.01 <sup>a</sup>	0.13±0.01 <sup>a</sup>	0.18±0.01 <sup>a</sup>	0.22±0.01 <sup>a</sup>	0.16±0.01 <sup>a</sup>
碳水化合物/(g/100g) carbohydrate	1.31±0.12 <sup>a</sup>	1.18±0.09 <sup>a</sup>	1.90±0.18 <sup>b</sup>	0.62±0.08 <sup>c</sup>	1.86±0.11 <sup>b</sup>
能量/(kJ/100g) energy	138±13.1 <sup>a</sup>	135±12.7 <sup>a</sup>	155±12.1 <sup>a</sup>	156±13.5 <sup>a</sup>	165±14.6 <sup>a</sup>
钠/(mg/100g) sodium	932±52.4 <sup>a</sup>	926±59.0 <sup>a</sup>	831±41.3 <sup>a</sup>	878±68.2 <sup>a</sup>	819±55.6 <sup>a</sup>

注:表中数据为3个重复的平均值;表中同列数值后不同上标字母表示差异显著( $P<0.05$ ),下同

Notes: values in the table are means for triplicate groups; values with the different superscript letters have significant differences ( $P<0.05$ ), the same below

表3 不同来源仿刺参氨基酸组成及含量  
 Tab.3 Amino acid composition of *A. japonicus* from different sources

AA/ (g/100g)	I1	I2	P	N	M
天冬氨酸 Asp	0.29±0.011 <sup>a</sup>	0.32±0.014 <sup>a</sup>	0.31±0.017 <sup>a</sup>	0.46±0.011 <sup>b</sup>	0.40±0.021 <sup>b</sup>
苏氨酸 Thr	0.16±0.010 <sup>a</sup>	0.18±0.007 <sup>a</sup>	0.17±0.011 <sup>a</sup>	0.23±0.012 <sup>b</sup>	0.20±0.012 <sup>b</sup>
丝氨酸 Ser	0.14±0.009 <sup>a</sup>	0.14±0.012 <sup>a</sup>	0.15±0.010 <sup>a</sup>	0.23±0.018 <sup>b</sup>	0.20±0.014 <sup>b</sup>
谷氨酸 Glu	0.21±0.013 <sup>a</sup>	0.28±0.019 <sup>a</sup>	0.24±0.018 <sup>a</sup>	0.48±0.027 <sup>b</sup>	0.40±0.020 <sup>b</sup>
甘氨酸 Gly	0.25±0.021 <sup>a</sup>	0.30±0.031 <sup>a</sup>	0.33±0.018 <sup>a</sup>	0.60±0.021 <sup>b</sup>	0.46±0.036 <sup>c</sup>
丙氨酸 Ala	0.18±0.013 <sup>a</sup>	0.22±0.017 <sup>a</sup>	0.20±0.012 <sup>a</sup>	0.33±0.029 <sup>b</sup>	0.28±0.020 <sup>b</sup>
半胱氨酸 Cys	0.05±0.002 <sup>a</sup>	0.05±0.003 <sup>a</sup>	0.04±0.002 <sup>a</sup>	0.05±0.002 <sup>a</sup>	0.06±0.002 <sup>a</sup>
缬氨酸 Val	0.12±0.011 <sup>a</sup>	0.12±0.009 <sup>a</sup>	0.12±0.008 <sup>a</sup>	0.16±0.018 <sup>b</sup>	0.15±0.016 <sup>b</sup>
蛋氨酸 Met	0.07±0.008 <sup>a</sup>	0.07±0.006 <sup>a</sup>	0.07±0.006 <sup>a</sup>	0.08±0.005 <sup>a</sup>	0.08±0.009 <sup>a</sup>
异亮氨酸 Ile	0.10±0.012 <sup>a</sup>	0.11±0.008 <sup>a</sup>	0.10±0.008 <sup>a</sup>	0.16±0.010 <sup>b</sup>	0.13±0.012 <sup>b</sup>
亮氨酸 Leu	0.16±0.010 <sup>a</sup>	0.15±0.012 <sup>a</sup>	0.15±0.014 <sup>a</sup>	0.22±0.025 <sup>b</sup>	0.20±0.018 <sup>b</sup>
酪氨酸 Tyr	0.09±0.008 <sup>a</sup>	0.09±0.004 <sup>a</sup>	0.09±0.005 <sup>a</sup>	0.12±0.009 <sup>b</sup>	0.12±0.009 <sup>b</sup>
苯丙氨酸 Phe	0.09±0.008 <sup>a</sup>	0.10±0.008 <sup>a</sup>	0.09±0.007 <sup>a</sup>	0.12±0.011 <sup>b</sup>	0.12±0.009 <sup>b</sup>
赖氨酸 Lys	0.12±0.011 <sup>a</sup>	0.12±0.009 <sup>a</sup>	0.11±0.008 <sup>a</sup>	0.15±0.012 <sup>b</sup>	0.16±0.017 <sup>b</sup>
组氨酸 His	0.04±0.001 <sup>a</sup>	0.04±0.002 <sup>a</sup>	0.04±0.002 <sup>a</sup>	0.05±0.003 <sup>a</sup>	0.05±0.002 <sup>a</sup>
精氨酸 Arg	0.21±0.018 <sup>a</sup>	0.23±0.019 <sup>a</sup>	0.23±0.028 <sup>a</sup>	0.36±0.042 <sup>b</sup>	0.31±0.027 <sup>b</sup>
色氨酸 Trp	0.02±0.002 <sup>a</sup>	0.02±0.002 <sup>a</sup>	0.02±0.001 <sup>a</sup>	0.02±0.001 <sup>a</sup>	0.02±0.002 <sup>a</sup>
脯氨酸 Pro	0.21±0.010 <sup>a</sup>	0.23±0.024 <sup>a</sup>	0.24±0.019 <sup>a</sup>	0.39±0.032 <sup>b</sup>	0.31±0.025 <sup>b</sup>
SAA	1.27±0.12	1.47±0.21	1.44±0.19	2.41±0.22	2.01±0.18
BAA	0.81±0.09	0.84±0.09	0.82±0.07	1.17±0.09	1.06±0.13
AAA	0.54±0.04	0.64±0.04	0.59±0.03	0.99±0.09	0.85±0.10
FAA	0.50±0.06	0.60±0.04	0.55±0.05	0.94±0.07	0.80±0.11
DAA	1.49±0.15	1.66±0.12	1.62±0.28	2.59±0.18	2.25±0.15
EAA	0.84±0.09	0.87±0.06	0.83±0.02	1.14±0.12	1.06±0.05
NEAA	1.67±0.15	1.90±0.14	1.87±0.20	3.07±0.23	2.59±0.18
TAA	2.51±0.31	2.77±0.19	2.70±0.22	4.21±0.19	3.65±0.32
EAA/NEAA	0.50	0.46	0.44	0.37	0.41
EAA/TAA	0.34	0.31	0.31	0.27	0.29

注: AA.氨基酸; SAA.甜味类氨基酸; BAA.苦味类氨基酸; AAA.酸味类氨基酸; FAA.鲜味类氨基酸; DAA.药效氨基酸; EAA.必需氨基酸; NEAA.非必需氨基酸; TAA.总氨基酸。下同

Notes: AA. amino acid; SAA. sweet amino acid; BAA. bitter amino acid; AAA. acerbic amino acid; FAA. fresh amino acid; DAA. drug amino acid; EAA. essential amino acid; NEAA. non-essential amino acid; TAA. total amino acid. The same below

酸含量0.54~0.99 g/100g, 鲜味类氨基酸含量0.50~0.94 g/100g, N与M组均明显高于其他处理组。不同组仿刺参的药效氨基酸含量1.49~2.59 g/100g, N与M组均明显高于其他处理组。

I1与I2组氨基酸营养价值平均得分最高, AAS分别为87.89与90.42, 而P、N和M组的AAS分别为85.61、75.89和82.37(表4)。同样, 在不同氨基酸中, I1与I2组氨基酸营养价值得分普

表4 不同养殖模式仿刺参必需氨基酸营养价值评价

Tab. 4 Evaluation of essential amino acid content of *A. japonicus* from different sources

EAA	FWP	EPP	I1		I2		P		N		M	
			AAS	CS	AAS	CS	AAS	CS	AAS	CS	AAS	CS
苏氨酸 Thr	40	51	129.03	101.20	144.23	113.12	135.78	106.50	122.34	95.95	121.95	95.65
缬氨酸 Val	50	73	77.42	53.03	76.92	52.69	76.68	52.52	68.09	46.63	73.17	50.12
蛋氨酸+半胱氨酸 Met+Cys	35	55	110.60	70.38	109.89	69.93	100.41	63.90	79.03	50.29	97.56	62.08
异亮氨酸 Ile	40	66	80.65	48.88	88.14	53.42	79.87	48.41	85.11	51.58	79.27	48.04
亮氨酸 Leu	70	88	73.73	58.65	68.68	54.63	68.46	54.46	66.87	53.19	69.69	55.43
苯丙氨酸+酪氨酸 Phe+Tyr	60	100	96.77	58.06	101.50	60.90	95.85	57.51	85.11	51.06	97.56	58.54
赖氨酸 Lys	55	64	70.38	60.48	69.93	60.10	63.90	54.91	58.03	49.87	70.95	60.98
色氨酸 Trp	10	16	64.52	40.32	64.10	40.06	63.90	39.94	42.55	26.60	48.78	30.49
平均 mean			87.89	61.38	90.42	63.11	85.61	59.77	75.89	53.15	82.37	57.67

注: FWP.FAO/WHO模式; EPP.鸡蛋模式; AAS.氨基酸得分; CS.化学得分

Notes: FWP. FAO/WHO pattern; EPP. egg protein pattern; AAS. amino acid score; CS. chemistry score

遍较P、N和M组偏高。按照FAO/WHO评价模式,不同来源仿刺参的前2位限制氨基酸为赖氨酸与色氨酸;按照化学评分模式,不同来源仿刺参的前两位限制氨基酸为色氨酸与异亮氨酸。按照2种不同评价模式,不同来源仿刺参的得分最高氨基酸均为苏氨酸,5组仿刺参的苏氨酸AAS都超过100。

#### 2.4 脂肪酸组成

仿刺参中共检测到脂肪酸35种,其中饱和脂肪酸(SFA)15种,不饱和脂肪酸(UFA)20种,单不饱和脂肪酸(MUFA)9种,多不饱和脂肪酸(PUFA)11种。仿刺参中饱和脂肪酸与不饱和脂肪酸的比例为0.86:1~1.76:1,饱和脂肪酸以C14:0、C16:10和C18:0为主,不饱和脂肪酸以C16:1和C20:4N6为主(表5)。在不同脂肪酸中,I1与I2组的C14:0显著高于其他处理组( $P<0.05$ );N组的C16:1和C22:6N3显著高于其他处理组( $P<0.05$ );P组的C20:3N3显著高于其他处理组( $P<0.05$ )。主要的功能不饱和脂肪酸,如C20:4N6(AA/廿碳四烯酸/花生四烯酸)、C20:5N3(EPA)和C22:6N3(DHA)在N组中的分布均显著高于其他处理组( $P<0.05$ )。I1、I2、P、N和M组仿刺参的N3/N6(N3系PUFA/N6系PUFA)分别为0.69、0.73、1.63、1.60和1.27。

#### 2.5 仿刺参活性成分

在各组仿刺参中均未检出海参烟酸与胆固醇。N组总皂苷含量为0.110 g/100g,显著高于其他处理组( $P<0.05$ ,表6)。M组海参多糖含量为0.12 g/100g,显著低于其他处理组( $P<0.05$ )。

### 3 讨论

关于仿刺参营养成分的研究目前已有多篇报道,但未见多种养殖模式仿刺参营养成分对比研究,特别是工厂化养殖仿刺参的营养成分分析。因此,通过比较分析工厂化养殖仿刺参、池塘养殖仿刺参、底播自然生长仿刺参和市场采购仿刺参的营养成分,研究出皮率、一般营养成分、氨基酸、脂肪酸和活性成分的差异,以期为工厂化养殖仿刺参的发展和仿刺参营养价值的进一步研究提供帮助。

本研究样品采集时间选择在11月,为仿刺参养成出池较为集中的时间。样品为规格标准相近(150~200 g)的商品成参。底播自然生长仿刺参与海捕野生仿刺参通过形态观察,认定参龄为2~4年。

#### 3.1 仿刺参出皮率和一般营养成分

工厂化养殖仿刺参的出皮率和煮后出皮率均高于其他处理组,其中煮后出皮率较其他组差异显著。仿刺参体腔中含有大量水分、肠道和

表5 不同养殖模式仿刺参脂肪酸组成与含量

Tab. 5 Fatty acid composition of *A. japonicus* from different sources

脂肪酸/(mg/500g) fatty acid	I1	I2	P	N	M
C8:0	3.43±0.13 <sup>ab</sup>	3.26±0.40 <sup>ab</sup>	4.21±0.55 <sup>bc</sup>	2.93±0.20 <sup>a</sup>	4.58±0.20 <sup>c</sup>
C10:0	8.35±0.21 <sup>ab</sup>	9.21±0.74 <sup>ab</sup>	10.59±1.38 <sup>ab</sup>	7.33±0.54 <sup>a</sup>	11.51±0.84 <sup>b</sup>
C11:0	4.33±0.14 <sup>ab</sup>	4.19±0.28 <sup>ab</sup>	5.47±0.72 <sup>ab</sup>	3.80±0.27 <sup>a</sup>	5.91±0.23 <sup>b</sup>
C12:0	11.50±0.58 <sup>ab</sup>	12.30±0.53 <sup>ab</sup>	14.55±0.86 <sup>b</sup>	10.16±0.72 <sup>a</sup>	15.74±1.14 <sup>b</sup>
C13:0	5.14±0.17 <sup>a</sup>	6.28±1.21 <sup>ab</sup>	6.51±0.37 <sup>b</sup>	4.61±0.61 <sup>a</sup>	7.01±0.83 <sup>b</sup>
C14:0	66.50±2.39 <sup>b</sup>	59.73±3.22 <sup>b</sup>	10.33±0.82 <sup>a</sup>	7.17±0.86 <sup>a</sup>	11.17±0.45 <sup>a</sup>
C14:1	4.68±0.09 <sup>a</sup>	4.92±0.30 <sup>a</sup>	6.12±0.41 <sup>a</sup>	9.04±0.28 <sup>b</sup>	5.58±0.32 <sup>a</sup>
C15:0	3.37±0.41 <sup>a</sup>	3.65±0.17 <sup>a</sup>	4.65±0.30 <sup>a</sup>	3.13±0.07 <sup>a</sup>	5.52±0.55 <sup>b</sup>
C15:1	4.60±0.18 <sup>a</sup>	4.19±0.39 <sup>a</sup>	5.95±0.62 <sup>b</sup>	3.95±0.19 <sup>a</sup>	6.13±0.24 <sup>b</sup>
C16:0	91.96±8.77 <sup>a</sup>	109.38±5.79 <sup>a</sup>	129.73±6.71 <sup>a</sup>	186.63±15.23 <sup>b</sup>	118.91±7.28 <sup>a</sup>
C16:1	22.29±1.85 <sup>a</sup>	35.60±4.06 <sup>ab</sup>	39.81±4.59 <sup>b</sup>	179.74±22.81 <sup>c</sup>	41.27±6.94 <sup>b</sup>
C17:0	4.97±0.09 <sup>a</sup>	5.87±0.48 <sup>a</sup>	8.45±0.63 <sup>b</sup>	7.94±0.29 <sup>b</sup>	6.62±0.89 <sup>ab</sup>
C17:1	4.72±0.21 <sup>a</sup>	6.19±0.51 <sup>ab</sup>	6.10±0.38 <sup>ab</sup>	4.54±0.17 <sup>a</sup>	7.66±0.58 <sup>b</sup>
C18:0	70.59±4.39 <sup>a</sup>	88.27±4.22 <sup>a</sup>	105.96±8.24 <sup>ab</sup>	131.96±9.34 <sup>b</sup>	92.84±7.66 <sup>ab</sup>
C18:1N9C	16.71±0.90 <sup>a</sup>	17.25±0.93 <sup>a</sup>	21.18±3.11 <sup>a</sup>	38.22±2.48 <sup>b</sup>	19.54±0.54 <sup>a</sup>
C18:1N9T	10.61±0.87 <sup>a</sup>	8.94±0.48 <sup>a</sup>	24.09±1.04 <sup>b</sup>	6.73±0.71 <sup>a</sup>	9.81±0.43 <sup>a</sup>
C18:2N6C	8.51±0.51 <sup>a</sup>	9.77±0.84 <sup>a</sup>	9.59±0.53 <sup>a</sup>	13.22±0.62 <sup>b</sup>	16.22±2.31 <sup>b</sup>
C18:2N6T	4.64±0.28 <sup>c</sup>	2.85±0.08 <sup>b</sup>	2.04±0.14 <sup>ab</sup>	1.02±0.07 <sup>a</sup>	2.13±0.11 <sup>ab</sup>
C18:3N3	2.94±0.18 <sup>a</sup>	4.39±0.18 <sup>a</sup>	4.37±0.26 <sup>a</sup>	7.11±0.32 <sup>b</sup>	4.74±0.29 <sup>a</sup>
C18:3N6	4.39±0.13 <sup>a</sup>	4.81±0.35 <sup>a</sup>	5.62±0.30 <sup>a</sup>	11.79±0.70 <sup>b</sup>	5.99±0.32 <sup>a</sup>
C20:0	9.82±0.65 <sup>a</sup>	11.75±0.82 <sup>ab</sup>	14.49±1.08 <sup>b</sup>	19.57±1.15 <sup>c</sup>	12.29±0.51 <sup>ab</sup>
C20:1	13.36±2.60 <sup>a</sup>	12.60±1.85 <sup>a</sup>	28.79±1.27 <sup>b</sup>	11.77±0.82 <sup>a</sup>	12.94±0.90 <sup>a</sup>
C20:2	11.14±1.28 <sup>a</sup>	13.59±1.43 <sup>a</sup>	22.51±0.87 <sup>b</sup>	10.09±0.99 <sup>a</sup>	13.34±1.38 <sup>a</sup>
C20:3N3	3.32±0.29 <sup>a</sup>	2.43±0.17 <sup>a</sup>	39.16±2.74 <sup>d</sup>	6.75±0.37 <sup>b</sup>	26.52±1.91 <sup>c</sup>
C20:3N6	4.21±0.36 <sup>a</sup>	5.08±0.29 <sup>a</sup>	5.89±0.39 <sup>a</sup>	5.04±0.28 <sup>a</sup>	5.60±0.29 <sup>a</sup>
C20:4N6	23.74±1.11 <sup>a</sup>	28.71±3.64 <sup>a</sup>	40.80±2.31 <sup>ab</sup>	55.39±2.31 <sup>b</sup>	25.09±0.88 <sup>a</sup>
C20:5N3	15.78±2.74 <sup>a</sup>	21.61±3.88 <sup>a</sup>	37.87±1.73 <sup>b</sup>	72.41±5.47 <sup>c</sup>	26.38±2.09 <sup>a</sup>
C21:0	5.48±0.62 <sup>a</sup>	6.53±1.87 <sup>a</sup>	9.30±0.74 <sup>b</sup>	7.27±0.95 <sup>ab</sup>	7.81±0.24 <sup>ab</sup>
C22:0	10.53±0.83 <sup>a</sup>	9.51±1.03 <sup>a</sup>	14.54±2.88 <sup>b</sup>	12.23±0.81 <sup>ab</sup>	14.53±0.71 <sup>b</sup>
C22:1N9	5.76±0.27 <sup>a</sup>	7.19±1.28 <sup>ab</sup>	9.86±0.93 <sup>b</sup>	15.40±1.76 <sup>c</sup>	6.05±0.82 <sup>a</sup>
C22:2	5.25±0.31 <sup>a</sup>	5.77±0.67 <sup>a</sup>	7.49±0.46 <sup>b</sup>	7.42±0.48 <sup>b</sup>	6.08±0.70 <sup>ab</sup>
C22:6N3	9.17±0.56 <sup>a</sup>	9.02±0.61 <sup>a</sup>	23.03±3.81 <sup>b</sup>	52.26±3.60 <sup>c</sup>	12.50±0.76 <sup>a</sup>
C23:0	3.87±0.09 <sup>a</sup>	3.20±0.17 <sup>a</sup>	5.33±0.69 <sup>ab</sup>	3.99±0.35 <sup>a</sup>	5.56±0.19 <sup>b</sup>
C24:0	16.71±1.29 <sup>a</sup>	18.38±1.24 <sup>a</sup>	29.17±3.73 <sup>ab</sup>	36.52±2.78 <sup>b</sup>	25.57±1.63 <sup>a</sup>
C24:1	4.36±0.51 <sup>a</sup>	4.17±0.29 <sup>a</sup>	5.53±0.30 <sup>a</sup>	4.58±0.19 <sup>a</sup>	5.93±0.86 <sup>a</sup>
SFA	316.55	351.51	373.28	445.24	345.57
UFA	180.18	209.08	345.8	516.47	259.5
MUFA	87.09	101.05	147.43	273.97	114.91
PUFA	93.09	108.03	198.37	242.5	144.59

注: SFA.饱和脂肪酸; UFA.不饱和脂肪酸; MUFA.单不饱和脂肪酸; PUFA.多不饱和脂肪酸, 本实验中检测的N3系多不饱和脂肪酸包括C18:3N3、C20:3N3、C20:5N3和C22:6N3; N6系多不饱和脂肪酸包括C18:2N6C、C18:2N6T、C18:3N6、C20:3N6和C20:4N6

Notes: SFA. saturated fatty acids; UFA. unsaturated fatty acids; MUFA. mono unsaturated fatty acids; PUFA. poly unsaturated fatty acids, the N3-PuFAs detected in this study include C18:3N3, C20:3N3, C20:5N3 and C22:6N3; the N6-PUFAs detected in this study include C18:2N6C, C18:2N6T, C18:3N6, C20:3N6 and C20:4N6

表6 不同养殖模式仿刺参活性成分组成与含量  
Tab. 6 Active ingredients composition of *A. japonicus* from different sources

活性成分 active ingredients	I1	I2	P	N	M
总皂苷/(g/100g) saponin	0.074±0.006 <sup>a</sup>	0.071±0.005 <sup>a</sup>	0.074±0.005 <sup>a</sup>	0.110±0.007 <sup>b</sup>	0.062±0.004 <sup>a</sup>
海参多糖/(g/100g) polysaccharide	0.31±0.01 <sup>a</sup>	0.35±0.01 <sup>a</sup>	0.25±0.02 <sup>a</sup>	0.22±0.02 <sup>a</sup>	0.12±0.01 <sup>b</sup>
海参烟酸/(μg/100g) niacin	-	-	-	-	-
胆固醇/(mg/100g) cholesterol	-	-	-	-	-

注: 海参烟酸检出限为30 μg/100g, 胆固醇检出限为2.6 mg/100g; -, 未检出

Notes: detection limit of niacin is 30 μg/100g, detection limit of cholesterol is 2.6 mg/100g; -, components are undetected

呼吸树等内脏器官, 在仿刺参加工和食用过程中需要将其去除, 仅保留体壁部分, 因此出皮率代表仿刺参养殖的实际产出水平, 而煮后出皮率则代表仿刺参加工过程的实际产出水平。工厂化养殖仿刺参由于摄食人工配合饲料, 其蛋白质和其他营养成分含量较高, 营养成分的积累也相对较为充分, 因此具有较高的出皮率和煮后出皮率。

仿刺参的高水分含量是棘皮动物的特征之一, 其营养成分指标受多种因素的影响, 如食物、年龄和季节等。底播自然生长仿刺参和海捕野生仿刺参的蛋白质含量较高, 而工厂化养殖仿刺参碳水化合物含量较高, 这可能是由于随着个体的生长和年龄的增加, 自然环境生长的仿刺参不断摄食藻类, 积累蛋白质, 而工厂化养殖仿刺参摄食人工饲料则更多用于合成碳水化合物, 这与宋志东等<sup>[15]</sup>的研究结果相似。

### 3.2 仿刺参的氨基酸含量

蛋白质的基本组成单位为20种氨基酸, 本研究因未检测天冬酰胺和谷氨酰胺, 故以18种氨基酸含量之和作为蛋白质氨基酸的相对总量。氨基酸在维系人体正常生命活动的过程中具有十分重要的作用, 它们不仅具有各种生理功能, 生成核苷酸、激素等物质, 而且能够发挥呈味和特殊功效等多种作用。5组仿刺参体壁的必需氨基酸含量明显高于梅花参(*Thelecnota ananas*)、糙海参(*Holothuria sacbra*)和美国红参(*Parastichopus californicus*)<sup>[16]</sup>; 必需氨基酸占总氨基酸含量的比例与贝类相近(32%~35%), 低于鲑鳟等鱼类(42%~43%)<sup>[17-19]</sup>。在必需氨基酸中, 苏氨酸含量最高, 这与张春丹等<sup>[20]</sup>和韩华<sup>[21]</sup>报道的仿刺参体壁营养研究结果一致。无脊椎动物的氨基酸组

成与含量受饵料影响显著<sup>[22-23]</sup>, 底播自然生长仿刺参和海捕野生仿刺参均生长于自然环境中, 其氨基酸含量相近, 且普遍高于其他养殖方式仿刺参, 这与自然环境生长仿刺参的摄食方式和年龄有关。

民间认为仿刺参的多个组织均可入药, 具有补肾益精、养血润燥等功效; 《本草纲目拾遗》将海参列为补益药物, 在防治疾病方面具有良效。本研究结果表明, 仿刺参体壁组织所含药效氨基酸种类较多, 其含量占总氨基酸的65%左右。氨基酸在临床医疗中具有广泛的应用价值, 治疗疾病包括癌症、呼吸道疾病、消化道疾病等<sup>[24]</sup>。因此, 仿刺参丰富的药效氨基酸可能助其发展成为药食两用的水产品。5组仿刺参中甜味、苦味、酸味和鲜味氨基酸均有分布, 其中甜味氨基酸含量略高, 这与仿刺参口感清淡却不失鲜美相一致。按照FAO/WHO的评价模式, 5组仿刺参的必需氨基酸得分为50~120, 这一得分略高于高菲<sup>[25]</sup>和孙伟红等<sup>[26]</sup>的研究结果, 其原因可能是检测方法不同。5组仿刺参的EAA/TAA在40%左右, 符合FAO/WHO推荐的蛋白质营养评价的理想模式, 因此5组仿刺参的营养价值均较高。

### 3.3 仿刺参的脂肪酸含量

与其他种类海参相比, 各组仿刺参的饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸、多不饱和脂肪酸、EPA和DHA含量均高于美国红参与海茄子(*Cucumaria cucumaria*)。底播自然生长仿刺参和海捕野生仿刺参的饱和脂肪酸与不饱和脂肪酸均高于其他组仿刺参, 同样可能与自然环境生长仿刺参的摄食与年龄差异有关。本研究中仿刺参的脂肪酸水平与其他已报道文献中存在少

许差异,可能主要由于仿刺参生长环境差异所致,提取和测定方法的不同也可能对测定结果造成差异。PUFA在人体中是必需脂肪酸,能通过提高人体血液中的PUFA水平来降低血清脂质,PUFA在人体中不能合成,因此必须由食物供给,韩宏毅等<sup>[27]</sup>认为,PUFA的摄入量应占总脂质的3%以上,各组仿刺参的PUFA含量均高于此标准,说明仿刺参能够满足人体对PUFA的需求。AA(花生四烯酸)是人体必需的不饱和脂肪酸,具有调节血糖、抑制肿瘤生长和改善记忆力的功能,EPA和DHA在鱼油中含量丰富,俗称脑黄金,对胎、婴儿的智力和视力发育至关重要。底播自然生长仿刺参和海捕野生仿刺参的AA、EPA和DHA含量均显著高于其他组,说明自然环境生长的多年仿刺参,由于饵料来源广泛、生长周期长,从不饱和脂肪酸的角度讲,品质高于其他来源仿刺参。N3系多不饱和脂肪酸具有保健功能,而N6系多不饱和脂肪酸的过多摄入会诱发病症,WHO建议食物中N3/N6大于0.1有利于人体健康<sup>[28-29]</sup>,实验各组仿刺参中N3/N6均高于此,说明各组仿刺参均对人体健康有益。

底播自然生长仿刺参和海捕野生仿刺参的总皂苷含量显著高于其他组,可能是因为养殖仿刺参饵料来源较为单一,相对蛋白含量较高,而其他营养成分含量较低;也可能由于养殖仿刺参对饵料消化吸收率较低引起。由于仿刺参消化吸收率受生长阶段、饵料组成和饵料新鲜程度影响较为明显,因此应增加仿刺参饵料营养成分来源,提高饵料消化利用率<sup>[30-31]</sup>。胆固醇和海参烟酸在实验仿刺参中未检出与检测方法有关。

### 3.4 仿刺参营养品质评价

本研究对工厂化养殖仿刺参等的营养成分进行了比较和分析,总体来讲,不同来源仿刺参的营养成分组成相近,含有丰富的氨基酸、脂肪酸和活性成分,具有较高的营养价值。然而,不同养殖方式仿刺参的营养品质也具有一定差异。工厂化养殖仿刺参的营养组成与池塘养殖仿刺参相近,但其具有较高的出皮率和煮后出皮率,因此从产出水平分析,工厂化养殖仿刺参较其他来源仿刺参具有更高的经济价值;同时,工厂化养殖仿刺参的氨基酸营养价

值平均得分高于其他组仿刺参,说明从氨基酸评价角度分析,工厂化养殖仿刺参具有更高的营养价值。同时研究发现,自然环境生长的仿刺参由于摄食来源广泛、生长周期较长,其蛋白质与脂肪水平普遍高于其他来源仿刺参。

综上,工厂化养殖仿刺参的营养价值与池塘养殖仿刺参相近,在出皮率和氨基酸营养水平上优于池塘养殖和自然环境生长仿刺参,说明工厂化养殖仿刺参具有较好的营养品质。

### 参考文献:

- [1] 农业部渔业渔政管理局. 中国渔业统计年鉴2014[M]. 北京: 中国农业出版社, 2014.  
Fishery Administration, Ministry of Agriculture of the People's Republic of China. China Fishery Statistical Yearbook in 2014[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2014 (in Chinese).
- [2] 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[J]. 渔业科学进展, 2010, 31(4): 126-133.  
Li C L, Song A H, Hu W, et al. Status analysis and sustainable development strategy of sea cucumber *Apostichopus japonicus* Selenka aquaculture industry in Shandong Province[J]. Progress in Fishery Sciences, 2010, 31(4): 126-133 (in Chinese).
- [3] 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[J]. 水产学报, 2011, 35(4): 587-593.  
Liu X F, Xue C H, Wang Y M, et al. Comparative analysis of nutritive composition in body wall and internal organs of sea cucumber (*Apostichopus japonicus*) at Rushan[J]. Journal of Fisheries of China, 2011, 35(4): 587-593 (in Chinese).
- [4] 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[J]. 渔业科学进展, 2011, 32(1): 122-128.  
Guo N, Dong S L, Liu H. Effects of several diets on the growth and body composition of *Apostichopus japonicus*[J]. Progress in Fishery Sciences, 2011, 32(1): 122-128 (in Chinese).
- [5] 中华人民共和国卫生部. GB/T 5009.5-2010 中华人民共和国国家标准: 食品中蛋白质的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.  
Ministry of Public Health of the People's Republic of China. GB/T 5009.5-2010 National Standard of the People's Republic of China: National food safety



- standard determination of protein in foods[S]. Beijing: China Standard Press, 2010 (in Chinese).
- [ 6 ] 中华人民共和国卫生部,中国国家标准化管理委员会. GB/T 5009.6-2003 中华人民共和国国家标准:食品中脂肪的测定[S].北京:中国标准出版社,2004.  
Ministry of Public Health of the People's Republic of China, Standardization Administration of the People's Republic of China. GB/T 5009.6-2003 National standard of the People's Republic of China: Determination of fat foods[S]. Beijing: China Standard Press, 2004 (in Chinese).
- [ 7 ] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. GB/T9695.31-2008 中华人民共和国国家标准:肉制品总糖含量测定[S].北京:中国标准出版社,2008.  
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China (AQSIQ), Standardization Administration of the People's Republic of China. GB/T9695.31-2008 National standard of the People's Republic of China: Meat products-determination of total sugars content[S]. Beijing: China Standard Press, 2008 (in Chinese).
- [ 8 ] 中华人民共和国卫生部,中国国家标准化管理委员会. GB/T 5009.9-2008 中华人民共和国国家标准:食品中淀粉的测定[S].北京:中国标准出版社,2009.  
Ministry of Public Health of the People's Republic of China, Standardization Administration of the People's Republic of China. GB/T 5009.9-2008 National standard of the People's Republic of China: Determination of starch in foods[S]. Beijing: China Standard Press, 2009 (in Chinese).
- [ 9 ] 中华人民共和国卫生部,中国国家标准化管理委员会. GB/T 5009.91-2003 中华人民共和国国家标准:食品中钾、钠的测定[S].北京:中国标准出版社,2003.  
Ministry of Public Health of the People's Republic of China, Standardization Administration of the People's Republic of China. GB/T 5009.91-2003 National standard of the People's Republic of China: Determination of potassium and sodium in foods[S]. Beijing: China Standard Press, 2003 (in Chinese).
- [10] 中华人民共和国卫生部,中国国家标准化管理委员会. GB/T 5009.124-2003 中华人民共和国国家标准:食品中氨基酸的测定[S].北京:中国标准出版社,2004.  
Ministry of Public Health of the People's Republic of China, Standardization Administration of the People's Republic of China. GB/T 5009.124-2003. National standard of the People's Republic of China: Determination of amino acids in foods[S]. Beijing: China Standard Press, 2004 (in Chinese).
- [11] 国家标准化管理委员会. GB/T 9695.2-2008 中华人民共和国国家标准:肉与肉制品 脂肪酸测定[S].北京:中国标准出版社,2008.  
Standardization Administration of the People's Republic of China. GB/T 9695.2-2008 National standard of the People's Republic of China: Meat and meat products-Determination of fatty acids[S]. Beijing: China Standard Press, 2008 (in Chinese).
- [12] 董平,薛长湖,盛文静,等.海参中总皂苷含量测定方法的研究[J].中国海洋药物,2008,27(1):28-32.  
Dong P, Xue C H, Sheng W J, *et al.* Study on the determination of total triterpene glycosides in sea cucumbers[J]. Chinese Journal of Marine Drugs, 2008, 27(1): 28-32 (in Chinese).
- [13] 中华人民共和国卫生部,中国国家标准化管理委员会. GB/T 5009.89-2003 中华人民共和国国家标准:食品中烟酸的测定[S].北京:中国标准出版社,2004.  
Ministry of Public Health of the People's Republic of China, Standardization Administration of the People's Republic of China. GB/T 5009.89-2003 National standard of the People's Republic of China: Determination of niacin in foods[S]. Beijing: China Standard Press, 2004 (in Chinese).
- [14] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. GB/T 22220-2008 中华人民共和国国家标准:食品中胆固醇的测定 高效液相色谱法[S].北京:中国标准出版社,2008.  
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China (AQSIQ), Standardization Administration of the People's Republic of China. GB/T 22220-2008 National standard of the People's Republic of China: Determination of cholesterol in foods-High-performance liquid chromatography[S]. Beijing: China Standard Press, 2008 (in Chinese).
- [15] 宋志东,王际英,王世信,等.不同生长发育阶段刺参体壁营养成分及氨基酸组成比较分析[J].水产科技情报,2009,36(1):11-13.  
Song Z D, Wang J Y, Wang S X, *et al.* Comparison and

- analysis of nutrient compositions and amino acid of body wall for *Apostichopus japonicus* different development stages[J]. Fisheries Science & Technology Information, 2009, 36(1): 11-13 (in Chinese).
- [16] 李春艳, 常亚青. 海参的营养成分介绍[J]. 科学养鱼, 2006(2): 71-72.  
Li C Y, Chang Y Q. Introduction of the nutrient compositions of *Apostichopus japonicus*[J]. Scientific Fish Farming, 2006(2): 71-72 (in Chinese).
- [17] 马英杰, 张志峰, 马爱军, 等. 黄、渤海几种海产无脊椎动物蛋白质与氨基酸含量分析[J]. 海洋科学, 1996(6): 8-10.  
Ma Y J, Zhang Z F, Ma A J, et al. The contents of protein and amino acids in some marine invertebrate in yellow sea and Bohai sea[J]. Marine Sciences, 1996(6): 8-10 (in Chinese).
- [18] 王红. 中国北方海域扇贝产品质量的比较研究[D]. 青岛: 中国科学院海洋研究所, 2007.  
Wang H. Comparative studies on product quality of scallop cultured in northern China sea[D]. Qingdao: Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, 2007 (in Chinese).
- [19] 孙中武, 尹洪滨. 六种冷水鱼肌肉营养组成分析与评价[J]. 营养学报, 2004, 26(5): 386-388, 392.  
Sun Z W, Yin H B. Analysis of the nutritional composition of six kinds of cold-water fishes[J]. Acta Nutrimenta Sinica, 2004, 26(5): 386-388, 392 (in Chinese).
- [20] 张春丹, 姜李雁, 苏秀榕, 等. 南北养殖仿刺参营养成分的比较[J]. 水产科学, 2013, 32(1): 41-45.  
Zhang C D, Jiang L Y, Su X R, et al. Nutritive comparison of sea cucumber *Apostichopus japonicus* Selenka farmed in southern china and in northern china[J]. Fisheries Science, 2013, 32(1): 41-45 (in Chinese).
- [21] 韩华. 不同年龄刺参体壁营养成分分析及评价[J]. 海洋环境科学, 2011, 30(3): 404-408.  
Han H. Analysis and evaluation of nutritive composition in body walls for different age *Apostichopus japonicus* (Selenka)[J]. Marine Environmental Science, 2011, 30(3): 404-408 (in Chinese).
- [22] Mai K, Mercer J P, Donlon J. Comparative studies on the nutrition of two species of abalone, *Haliotis tuberculata* L. and *Haliotis discus hannai* Ino: II. Amino acid composition of abalone and six species of macroalgae with an assessment of their nutritional value[J]. Aquaculture, 1994, 128(1-2): 115-130.
- [23] 姚永峰, 张继红, 方建光, 等. 温度、饵料质量对不同规格刺参摄食率、吸收效率的影响[J]. 水产学报, 2014, 38(7): 992-998.  
Yao Y F, Zhang J H, Fang J G, et al. Effects of water temperatures and diets quality on the ingestion rate of different size *Apostichopus japonicus*[J]. Journal of Fisheries of China, 2014, 38(7): 992-998 (in Chinese).
- [24] 刘绍, 孙麟, 阳爱生, 等. 饲养中国大鲵氨基酸组成分析[J]. 氨基酸和生物资源, 2007, 29(4): 53-55.  
Liu S, Sun L, Yang A S, et al. Analysis of amino acid composition and content in *Andrias davidianus*[J]. Amino Acids and Biotic Resources, 2007, 29(4): 53-55 (in Chinese).
- [25] 高菲. 刺参 *Apostichopus japonicus* 营养成分食物来源及消化生理的季节变化[D]. 青岛: 中国科学院海洋研究所, 2008.  
Gao F. Seasonal variations of nutritional composition, food resources, and digestive physiology in sea cucumber *Apostichopus japonicus*[D]. Qingdao: Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, 2008 (in Chinese).
- [26] 孙伟红, 冷凯良, 林洪, 等. 刺参不同部位中主要营养成分分析与评价[J]. 动物营养学报, 2010, 22(1): 212-220.  
Sun W H, Leng K L, Lin H, et al. Analysis and evaluation of chief nutrient composition in different parts of *Stichopus Japonicus*[J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2010, 22(1): 212-220 (in Chinese).
- [27] 韩宏毅, 王剑. 多不饱和脂肪酸及其生理功能[J]. 中国临床研究, 2010, 23(6): 523-525.  
Han H Y, Wang J. Physiological function of polyunsaturated fatty acids[J]. Chinese Journal of Clinical Research, 2010, 23(6): 523-525 (in Chinese).
- [28] Arts M T, Ackman R G, Holub B J. "Essential fatty acids" in aquatic ecosystems: A crucial link between diet and human health and evolution [J]. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 2001, 58(1): 122-137.
- [29] Simopoulos A P. Omega-3 fatty acids in inflammation and autoimmune diseases [J]. Journal of the American College of Nutrition, 2002, 21(6): 495-505.
- [30] 于东祥, 孙慧玲, 陈四清, 等. 海参健康养殖技术[M].

- 北京:海洋出版社,2010.
- Yu D X, Sun H L, Chen S Q, *et al.* Healthy Breeding Technology of Sea Cucumber[M]. Beijing: China Ocean Press, 2010 (in Chinese).
- [31] 王哲平,刘淇,曹荣,等.野生与养殖刺参营养成分的比较分析[J].南方水产科学,2012,8(2):64-70.
- Wang Z P, Liu Q, Cao R, *et al.* Comparative analysis of nutritive composition between wild and cultured sea cucumber *Apostichopus japonicus* [J]. South China Fisheries Science, 2012, 8(2): 64-70 (in Chinese).

## Analysis and appraisal of nutrient quality for sea cucumber *Apostichopus japonicus* in industrial culture

GAO Lei<sup>1</sup>, HE Chongbo<sup>1\*</sup>, BAO Xiangbo<sup>1</sup>, SU Hao<sup>1</sup>, GAO Xianggang<sup>1</sup>,  
LI Yunfeng<sup>1</sup>, LIU Weidong<sup>1</sup>, MA Zhen<sup>2</sup>

(1. Key Laboratory of Marine Fishery Molecular Biology of Liaoning Province,  
Liaoning Ocean and Fisheries Science Research Institute, Dalian 116023, China;  
2. Dalian Fisheries Research Institute, Dalian 116023, China)

**Abstract:** Sea cucumber *Apostichopus japonicus* belongs to Echinodermata, Holothuroidea, Aspidochirotida, anepibenthic, temperate species, which is an important fishery resource in many countries. *A. japonicus* culture is the major aquaculture industry in China, accounting for, in 2013, approximately 190 thousand tons of the production and 1.2 billion US dollars of the profit, respectively. Pond culture mode of *A. japonicus* has been developed for many years in Liaoning and Shandong province. However, with the expansion of pond culture, the problems have emerged, such as geographical limitations, environmental disruption, food safety problem and high environmental risk. Industrial culture of *A. japonicus* is a newly-developed culture mode, which has been the transformation and upgrading of traditional pond culture mode, with characteristics such as high-efficiency, controllable and environmental. With this method, *A. japonicus* can be cultured indoors, under controllable conditions and with higher yield. However, little is known about the nutrient compositions for *A. japonicus* in industrial culture. Thus, additional information on and a better understanding of the nutrient quality of *A. japonicus* in industrial culture are necessary. For a better understanding of that, the nutrient compositions have been investigated, in this study, in different sample resources including samples in industrial culture, samples in pond culture, samples in bottom sowing culture and wild samples. The results showed that, the body wall production of *A. japonicus* in I1, I2, P, N and M were 62.7%, 65.8%, 55.4%, 57.0% and 57.3%, respectively. The body wall production after cooking in I1, I2, P, N and M were 31.1%, 24.8%, 16.1%, 21.3% and 19.2%, respectively. The body wall production in I1 and I2 were higher than that in P, N and M, with no significant differences. The body wall production after cooking in I1 was significantly higher than those in the other treatments. The body wall production after cooking in I2 was significantly higher than those in P and M. The body wall production after cooking in P was significantly lower than those in the other treatments. There were no significant differences in water, fat, energy and sodium among all treatments. The protein content in N and M were significantly higher than those in I1, I2 and P. The carbohydrate content in I1 and I2 were significantly higher than that in N. The total amino acid content in I1, I2, P, N and M were 2.51, 2.77, 2.70, 4.21 and 3.65 g/100g, respectively. The essential amino acid content in I1, I2, P, N and M were 0.84, 0.87, 0.83, 1.14 and 1.06 g/100g, respectively. The highest level of essential amino acid/ non-essential amino acids was found in I1, which is 0.50. The lowest level of that was found in N, which is 0.37. Among delicious amino acids in all treatments, the content of sweet amino acid, bitter amino acid, acerbic amino acid and fresh amino acid were 1.27-2.41, 0.81-1.17, 0.54-0.99 and 0.50-0.94

g/100g, respectively. The ASS amino acid score in I1, I2, P, N and M were 87.89, 90.42, 85.61, 75.89 and 82.37, respectively. The ASS amino acid score in I1 and I2 were relatively higher than those in P, N and M. The ratio of saturated fatty acids/unsaturated fatty acids in all treatments were 0.86-1.76:1. The functional unsaturated fatty acids, such as C20:4N6, C20:5N3 and C22:6N3, in N were significantly higher than those in the other treatments. Saponin content in N was 0.110 g/100g, significantly higher than those in the other treatments. Niacin and cholesterol were not detected in the samples of this study. The results indicated that, *A. japonicus* from different sources are similar in nutrient compositions, with high nutritional value. Whereas, some differences were also found among them. Based on the better performance of body wall production and body wall production after cooking in I1 and I2, *A. japonicus* in industrial culture is expected to possess better economic value than those from the other sources. *A. japonicus* in I1 and I2 with higher ASS amino acid score indicates that *A. japonicus* in industrial culture, in amino acid evaluating, has better nutritional value than those from the other sources. Meanwhile, *A. japonicus* in bottom sowing culture and wild individuals were found to possess higher level of protein and fat, possibly due to wild food sources and long growth period. Taken together, *A. japonicus* in industrial culture is considered to have good performance in nutritional quality and value.

**Key words:** *Apostichopus japonicus*; industrial culture; nutrient compositions; body wall production; amino-acid nutrition

**Corresponding author:** HE Chongbo. E-mail: chongbohe@163.com

**Funding projects:** Special Scientific Research Program of Marine Public Welfare Industry (201305001); Scientific and Technical Project of Liaoning Province (2014203006)