

10种海参营养成分分析

赵玲, 马红伟, 曹荣, 刘淇*

(中国水产科学研究院黄海水产研究所, 国家海参加工技术研发分中心, 青岛 266071)

摘要: **目的** 分析子安辐肛参、智利瓜参、黑海参、绿刺参、美国肉参、红刺参、黑北极参、糙刺参、阿拉斯加红参和黄秃参 10 种海参的营养成分组成。**方法** 分别采用凯氏定氮法、高温灼烧法、亚甲基蓝比色法、氨基酸自动分析及电感耦合等离子体质谱法(inductively coupled plasma mass spectrometry, ICP-MS)测定海参中的蛋白、灰分、黏多糖、氨基酸和 21 种无机元素含量, 并分析 10 种海参的营养价值。**结果** 10 种海参在营养成分上存在一定的差异, 其粗蛋白含量范围为 73.58~87.20%, 灰分含量范围为 4.10~8.71%, 黏多糖含量范围为 7.86~13.15%, 总氨基酸含量范围为 61.42~75.84%, 10 种海参必需氨基酸与氨基酸总量的比值(essential amino acid/total amino acid, EAA/TAA)均低于刺参。10 种海参均富含人体必需的 Fe、Zn、Cu、Se 等微量元素, 而 Cd、Pb、As、Cr 等有害元素含量均符合 GB 2762-2012《食品安全国家标准 食品中污染物限量》规定的限量标准; 10 种海参中 21 种元素含量差异显著。**结论** 本研究证实 10 种海参均具有较高的营养价值, 从而为进一步开发利用进口海参资源提供参考。

关键词: 海参; 营养; 氨基酸分析; 元素分析

Analysis of nutritional component in 10 kinds of sea cucumbers

ZHAO Ling, MA Hong-Wei, CAO Rong, LIU Qi*

(Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, National R&D Branch Center for Sea Cucumber Processing, Qingdao 266071, China)

ABSTRACT: Objective To analyze the nutritional component of 10 kinds of sea cucumbers including *Actinopyga lecanora*, *Athyonidium chilensis*, *Holothuria atra*, *Stichopus chlorontus*, *Isostichopus badionotus*, *Apostichopus parvimensis*, *Holothuria kefersteini*, *Stichopus horrens*, *Parastichopus californicus* and *Holothuria lessoni massin*. **Methods** Kjeldahl, high temperature calcination method, methylene blue colorimetric method, amino acid automatic analysis and inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) methods were respectively used for determination of protein, ash, crude polysaccharide, amino acid and 21 kinds of inorganic elements, so as to analyze the nutritional value of 10 kinds of sea cucumbers. **Results** There were certain difference among 10 kinds of sea cucumber. The content of protein, crude ash, crude polysaccharide and total amino acid in 10 kinds of sea cucumbers were 73.58~87.20%, 4.10~8.71%, 7.86~13.15% and 61.42%~75.84%, respectively. The ratio of essential amino acids and total amino acids (EAA/TAA) was lower than that of *Apostichopus japonicas*. Ten kinds of sea cucumber were rich in Fe, Zn, Cu, Se and other trace elements, and the content of hazardous elements such as As, Cr, Cd and Pb were within the

基金项目: 中国水产科学研究院基本科研业务费资助项目(2016ZD0801)

Fund: Supported by Special Scientific Research Funds for Central Non-profit Institutes, Chinese Academy of Fishery Sciences(2016ZD0801).

*通讯作者: 刘淇, 研究员, 主要研究方向为水产品加工与综合利用。E-mail: liuqi@ysfri.ac.cn

*Corresponding author: LIU Qi, Researcher, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071, China. E-mail: liuqi@ysfri.ac.cn

limits of GB 2762-2012 *Contaminants in food*. There was a significant difference in the content of 21 kinds of inorganic elements. **Conclusion** This study confirmed that 10 kinds of sea cucumbers had high nutritional value, which can provide reference for further exploitation and utilization of imported sea cucumber resources.

KEY WORDS: sea cucumber; nutrition; amino acid analysis; element analysis

1 引言

海参属于棘皮动物门海参纲(*Holothurians*), 广义的海参包括海参纲所有的种类。海参种类很多, 全世界共有900多种, 我国约有140种^[1]。全世界约有40种海参可供食用, 我国有食用海参约20种, 其中10种具有较高的商品价值^[1]。海参是一种高蛋白、低脂肪的营养食品, 在我国及东南亚地区被认为是强身健体的理想滋补品。研究显示, 海参具有抗肿瘤、抗凝血、抗疲劳和增强机体免疫力等功效^[2-5]。

近年来, 进口海参以绝对的价格优势进驻到我国市场, 进口海参的品种越来越多。目前, 已有国内专家学者研究了部分进口海参的营养价值, 韦丁等^[6]研究了热带地区的白底辐肛参的营养成分; 王远红等^[7]对比分析了糙参、乌皱辐肛参、荡皮海参和黑乳参的营养成分; 董晓弟等^[8]对海地瓜、黑乳参和乌皱辐肛参3种海参进行了营养评价。但目前尚未见对子安辐肛参、智利瓜参、黑海参、绿刺参、美国肉参、红刺参、黑北极参、糙刺参、阿拉斯加红参和黄秃参10种海参的营养分析。本研究以这10种海参为研究对象, 通过蛋白质、黏多糖、氨基酸和21种无机元素含量等指标测定, 对比分析其营养价值, 旨在为进口海参的进一步开发利用提供依据。

2 材料与方 法

2.1 实验材料

子安辐肛参(*Actinopyga lecanora*), 产地西太平洋; 智利瓜参(*Athyonidium chilensis*), 产地南美洲; 黑海参(*Holothuria atra*), 产地西太平洋; 绿刺参(*Stichopus chlorontus*), 产地南美洲; 美国肉参(*Isostichopus badiionotus*), 产地美国; 红刺参(*Apostichopus parvimensis*) 产地美国; 黑北极参(*Holothuria kefersteini*), 产地加拿大; 糙刺参(*Stichopus horrens*), 产地澳大利亚; 阿拉斯加红参(*Parastichopus californicus*), 产地北美洲; 黄秃参(*Holothuria lessona massin*), 产地南太平洋。以上实验材料均由中国水产科学研究院黄海水产研究所国家海参加工技术研发分中心提供, 中国科学院海洋研究所肖宁博士鉴定。

2.2 仪器与试剂

日立 8900 高速氨基酸分析仪(日立高新技术公司);

7500ce 电感耦合等离子体质谱仪(美国 Agilent 公司); MARS Xpress 微波消解仪(美国 CEM 公司); Milli-Q 纯水器(美国 Millipore 公司)。

岩藻聚糖硫酸酯标准品(纯度98%, 美国 sigma 试剂公司); 多元素校准标准溶液(10 mg/L, Ag, Al, AS, Ba, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cs, Cu, Fe, Ga, K, Li, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, Rb, Se, Sr, Tl, U, V 和 Zn)、内标溶液(10 mg/L, Li, Sc, Ge, Y, In, Tb 和 Bi)和调谐溶液(1.0 ng/L, Li, Y, Ce, Tl 和 Co), 均购自美国 Agilent 公司。

2.3 实验方法

2.3.1 海参的预处理

取10种干海参分别用蒸馏水浸泡24 h, 中间换水一次, 去掉嘴处石灰质和杂质, 切段, 低温干燥, 磨粉, 过40目筛备用。

2.3.2 基本成分测定

蛋白质含量依据 GB 5009.5-2010^[9]采用凯氏定氮法进行测定; 灰分含量根据 GB 5009.4-2010^[10]采用高温灼烧法测定; 黏多糖的含量参照文献^[11-12]采用亚甲基蓝比色法测定; 氨基酸含量依据 GB/T 5009.124-2003^[13]采用氨基酸自动分析仪测定。

2.3.3 无机元素含量测定

参照文献^[14], 采用碰撞/反应池电感耦合等离子体质谱仪测定标准物质、空白溶液及样品中各元素含量。

2.3.4 数据处理

应用 SPSS 17.0 进行统计分析, 结果以平均值±标准偏差表示, 组间分析采用 *t* 检验, 显著性界值以 $P < 0.01$ 为差异极显著, $P < 0.05$ 为差异显著, $P > 0.05$ 为差异不显著。

3 结果与分析

3.1 10种海参灰分、蛋白质及黏多糖分析

10种海参基本成分含量如表1所示。由结果可知, 10种海参在营养成分上存在一定的差异, 这可能与其生长环境和饵料有关^[15]。红刺参灰分含量最高达8.72%, 智利瓜参灰分最低为4.10%, 差异极显著($p < 0.01$)。蛋白质是海参的主要营养成分, 黑北极参蛋白含量最高达到87.20%, 黑海参次之, 绿刺参蛋白含量最低为73.58%, 不同品种海参的蛋白质含量存在一定差异。近年来研究表明, 多糖具有抗肿瘤、抗病毒和降血脂等特殊功效^[16,17]。糙刺参黏多糖含量最高13.15%, 绿刺参次之, 黑北极参黏多糖含量最低为7.86%。

表 1 10 种海参的灰分、蛋白质及黏多糖含量(以干基计, g/100 g) (n=6)

Table 1 Ash, protein and mucopolysaccharides components of 10 kinds of sea cucumbers (In dry basis, g/100 g)(n=6)

种类	灰分	蛋白质	黏多糖
子安辐肛参	4.13±0.11	82.69±0.49	10.38±0.18
智利瓜参	4.10±0.13	80.17±0.38	9.16±0.21
黑海参	4.55±0.09	86.74±0.51	8.42±0.13
绿刺参	7.96±0.23	73.58±0.35	12.53±0.19
美国肉参	6.69±0.15	80.96±0.42	11.46±0.25
红刺参	8.71±0.26	76.26±0.33	9.87±0.27
黑北极参	4.40±0.10	87.20±0.64	7.86±0.16
糙刺参	8.30±0.33	74.64±0.29	13.15±0.31
阿拉斯加红参	5.47±0.12	78.83±0.45	9.91±0.15
黄秃参	5.03±0.14	82.93±0.43	8.14±0.17

3.2 氨基酸含量分析

10 种海参的氨基酸组成及含量如表 2 所示。由结果可知, 10 种海参总氨基酸含量范围为 61.42~75.84%, 其中以黄秃参的氨基酸总量最高, 黑海参氨基酸总量次之, 绿刺参氨基酸总量最低为 61.42%。由必需氨基酸与氨基酸总量的比值(EAA/TAA)可以看出, 阿拉斯加红参最高达 30.60%, 糙刺参次之为 29.28%, 其他 8 种海参的 EAA/TAA 值均在 20%以上; 该结果显著低于王哲平等^[15]测定的养殖和野生刺参的 EAA/TAA 值, 与联合国粮农组织推荐的氨基酸模式存在一定的差距。从单一氨基酸含量来看, 除黄秃参外, 其他 9 种海参中谷氨酸的含量均高于其他氨基酸。谷氨酸是脑组织生化代谢中重要的氨基酸, 参与多种物质的合成^[15]。10 种海参中天冬氨酸、甘氨酸、丙氨酸、精氨酸和脯氨酸含量较其他氨基酸含量高。天冬氨酸可以改善心肌收缩, 具有保护心肌的作用; 丙氨酸、精氨酸是大部分幼年哺乳动物生长发育所必需的氨基酸, 同时精氨酸在大脑、肌肉和肝脏等人体组织中发挥着至关重要的解毒作用; 脯氨酸是胶原蛋白的重要组成部分之一^[15,18]。

表 2 10 种海参的氨基酸组成及含量(以干基计, g/100 g)(n=6)
Table 2 Composition and contents of amino acids in 10 kinds of sea cucumber (In dry basis, g/100 g) (n=6)

氨基酸	子安辐肛参	智利瓜参	黑海参	绿刺参	美国肉参	红刺参	黑北极参	糙刺参	阿拉斯加红参	黄秃参
Asp	7.17±0.15	7.19±0.21	8.16±0.36	6.38±0.19	7.35±0.25	7.37±0.31	7.97±0.23	6.60±0.21	7.51±0.22	7.48±0.33
Thr*	3.60±0.20	3.43±0.21	4.14±0.22	3.09±0.13	3.54±0.21	3.79±0.13	4.08±0.16	3.23±0.17	3.90±0.11	3.66±0.22
Ser	3.09±0.18	3.77±0.25	3.03±0.13	2.48±0.12	2.94±0.22	3.64±0.12	2.81±0.11	2.78±0.13	3.51±0.12	3.07±0.12
Glu	11.36±0.55	10.50±0.41	12.49±0.52	8.99±0.35	10.46±0.44	10.04±0.62	11.86±0.56	9.18±0.42	10.06±0.53	11.37±0.55
Gly	6.37±0.21	9.51±0.32	6.65±0.18	9.80±0.37	12.23±0.54	11.22±0.49	6.61±0.23	8.40±0.31	7.99±0.28	12.83±0.46
Ala	8.25±0.35	4.69±0.25	8.43±0.30	5.10±0.26	6.51±0.40	4.99±0.19	8.40±0.36	4.69±0.17	4.27±0.12	7.64±0.28
Cys	0.72±0.02	0.85±0.03	0.68±0.02	0.60±0.02	0.55±0.02	0.73±0.03	0.69±0.01	0.81±0.04	0.87±0.03	0.67±0.02
Val*	2.84±0.13	2.70±0.16	2.66±0.19	2.33±0.15	2.55±0.21	2.69±0.18	2.50±0.17	2.54±0.19	3.05±0.21	2.59±0.20
Met*	0.85±0.04	0.84±0.05	0.71±0.06	0.74±0.03	0.58±0.03	0.93±0.06	0.77±0.04	0.81±0.05	1.09±0.09	0.70±0.04
Ile*	2.06±0.16	2.74±0.28	1.84±0.18	2.14±0.19	1.88±0.21	2.50±0.22	1.63±0.18	3.70±0.29	2.97±0.25	1.89±0.21
Leu*	3.84±0.31	4.51±0.37	3.54±0.35	3.48±0.32	3.10±0.29	3.58±0.24	3.04±0.22	3.70±0.30	4.55±0.32	3.56±0.23
Tyr	1.85±0.21	1.98±0.19	1.79±0.15	1.55±0.16	1.58±0.12	1.85±0.21	1.68±0.16	4.06±0.32	2.03±0.19	1.66±0.15
Phe*	1.52±0.11	2.01±0.19	1.69±0.15	1.59±0.17	1.48±0.12	1.86±0.21	1.32±0.17	3.70±0.15	2.04±0.18	1.35±0.20
Lys*	1.75±0.13	2.74±0.16	1.77±0.15	1.85±0.21	1.62±0.19	2.19±0.23	1.52±0.15	3.17±0.19	3.31±0.22	1.81±0.21
His	0.59±0.01	0.79±0.03	0.62±0.02	0.68±0.02	0.60±0.03	0.79±0.04	0.52±0.02	3.91±0.29	1.09±0.15	0.58±0.02
Arg	7.04±0.37	5.69±0.23	7.57±0.39	5.04±0.43	6.11±0.45	5.77±0.32	7.47±0.36	4.89±0.33	5.26±0.27	6.92±0.34
Pro	8.22±0.35	5.68±0.24	9.38±0.55	5.58±0.34	7.20±0.35	6.28±0.38	9.10±0.48	5.02±0.42	4.85±0.35	8.05±0.51
TAA	72.10±0.54	69.62±0.46	75.14±0.56	61.42±0.42	70.29±0.45	70.23±0.43	71.98±0.47	71.20±0.50	68.34±0.41	75.84±0.55
EAA	16.46±0.29	18.97±0.21	16.35±0.25	15.22±0.27	14.75±0.22	17.54±0.25	14.86±0.21	20.85±0.31	20.91±0.22	15.56±0.19
EAA/TAA	22.83	27.25	21.76	24.78	20.98	24.98	20.64	29.28	30.60	20.52

注: *EAA 为必需氨基酸, TAA 为总氨基酸

EAA: * essential amino acids, TAA: total amino acids

3.3 21种元素含量分析

3.3.1 10种海参中常量元素含量分析

由表3可见,10种海参常量元素中以Ca含量为最高,其中绿刺参Ca含量高达13.34 g/kg,Na、Mg含量次之,K、P含量较低,不同海参之间常量元素的含量差别较大。

表3 10种海参常量元素含量(以干基计,g/kg)(n=6)
Table 3 Contents of major elements in 10 kinds of sea cucumber (In dry basis, g/kg) (n=6)

种类	Na	Mg	K	P	Ca
子安辐肛参	1.67	2.65	0.10	0.16	5.76
智利瓜参	1.63	2.48	0.12	0.54	6.04
黑海参	1.51	2.34	0.08	0.17	5.30
绿刺参	5.49	5.15	0.31	0.37	13.44
美国肉参	7.59	2.34	0.20	0.18	6.80
红刺参	8.55	3.05	0.17	0.56	7.37
黑北极参	3.59	2.84	0.13	0.25	4.94
糙刺参	5.49	4.18	0.21	0.53	11.34
阿拉斯加红参	5.27	2.40	0.15	0.66	7.19
黄秃参	4.68	2.48	0.08	0.22	4.02

3.3.2 10种海参微量元素含量分析

10种海参中微量元素的含量见表4。10种海参中微量元素中Fe含量最高,Zn次之,V含量最低。不同海参品种之间同一元素的含量差别较大,智利瓜参Zn含量最高为

513.6 mg/kg,子安辐肛参Zn含量最低为10.4 mg/kg;美国肉参Co含量最高为146.3 mg/kg;黑海参、绿刺参、糙刺参、阿拉斯加红参和黄秃参Co含量最低为0.1 mg/kg。分析认为,这可能与海参生长的地理位置和自然环境有关^[15]。10种海参均含有丰富的Fe、Zn、Cu和Se等元素,Fe在氧气运输、细胞周期生长和神经递质合成方面发挥着重要作用;Zn能刺激金属硫蛋白的合成;Cu具有高亲和性,能治疗威尔森氏症;Se是人体必需的矿物质营养素,主要通过食物摄取,它可以提高人体免疫力,还可以增强生殖功能、提高精子的质量,这可能是中医认为海参是补肾壮阳佳品的原因之一^[8,19,20]。

3.3.3 10种海参中有害元素含量分析

随着人们生活水平的提高,人们对食品安全的认识和关注不断提高。研究证实,As、Cd对人体和动物都有致癌作用;过量的Al能引起痴呆、肾功能降低、非缺铁性贫血、骨痛以及胃液分泌减少等多种疾病;过量的Hg会出现精神神经异常、齿龈炎及震颤等主要症状^[21,22]。

GB 2762-2012 食品安全国家标准《食品中污染物限量标准》^[23]规定,(鲜品)水产品中As、Cr、Cd、Pb和Hg的限量分别为0.5、2.0、2.0和1.0 mg/kg和不得检出。10种海参中有害元素的含量见表5。表中各元素含量以干品计,而干海参发制到可食用状态质量扩大10~15倍,按最低发制倍数换算成鲜品中有害元素含量分析对比发现,除智利瓜参外,其他9种海参中As、Cr、Cd和Pb含量均明显低于GB 2762-2012的限量要求;智利瓜参的Hg含量超标,原因有待进一步调查研究。黑北极参和阿拉斯加红参中Al的含量较高,这可能与海参生长的地理位置和自然环境有关^[15]。

表4 10种海参微量元素含量(以干基计,mg/kg)(n=6)
Table 4 Contents of trace elements in 10 kinds of sea cucumber (In dry basis, mg/kg) (n=6)

种类	V	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Se	Mo	Ba
子安辐肛参	0.3	1.2	184.4	0.2	1.4	5.8	10.4	2.7	9.8	5.1
智利瓜参	0.8	2.2	290.0	0.2	1.5	6.6	513.6	4.0	0.5	8.5
黑海参	0.5	1.0	185.7	0.1	4.1	11	17.9	1.5	1.4	6.9
绿刺参	0.4	1.4	302.4	0.1	2.6	5.6	27.4	3.0	9.0	3.4
美国肉参	0.2	1.1	204.8	146.3	6.7	13.9	24.1	1.5	—	1.1
红刺参	0.8	3.9	140.7	0.07	1.1	4.5	15.4	2.9	1.5	3.0
黑北极参	1.7	9.9	420.3	0.2	2.5	16.1	34.0	2.6	13.0	3.8
糙刺参	0.7	6.0	220.9	0.1	1.6	5.2	26.2	3.0	11.3	6.0
阿拉斯加红参	0.7	5.2	203.6	0.1	0.8	3.5	32.3	4.0	0.3	4.8
黄秃参	0.4	9.8	467.6	0.1	1.4	12.2	14.0	1.4	0.6	3.9

注:—未检出(<0.001)

Note:—not detected(<0.001)

表5 10种海参有害元素含量(以干基计,mg/kg)(n=6)
Table 5 Contents of hazardous elements in 10 kinds of sea cucumber (In dry basis, mg/kg) (n=6)

种类	Al	Cr	As	Cd	Pb	Hg
子安辐肛参	23.0	0.2	0.6	0.2	1.5	—
智利瓜参	46.5	0.3	1.4	1.0	0.4	1.9
黑海参	29.6	0.4	1.2	0.1	0.5	—
绿刺参	14.6	0.5	1.6	0.3	0.7	—
美国肉参	28.5	0.4	1.1	0.03	0.3	—
红刺参	33.5	0.7	3.5	0.1	0.1	0.06
黑北极参	160.7	1.9	1.7	0.1	0.5	0.01
糙刺参	65.7	0.5	1.8	0.05	0.5	0.04
阿拉斯加红参	143.7	0.3	2.0	0.4	0.2	0.03
黄秃参	65.5	0.6	0.9	0.07	0.6	0.02

注:—未检出(<0.001)Note:—not detected(<0.001)

4 结论

通过灰分、蛋白、黏多糖、氨基酸及21种元素含量分析,本研究探究了子安辐肛参、智利瓜参、黑海参、绿刺参、美国肉参、红刺参、黑北极参、糙刺参、阿拉斯加红参和黄秃参10种海参的营养成分及含量。结果表明,10种海参粗蛋白含量为73.58~87.20%,黏多糖含量为7.86~13.15%,总氨基酸含量为61.42~75.84%,均富含人体必需的Fe、Zn、Cu和Se等微量元素,而镉、铅、砷及铬等有害元素含量均符合GB 2762-2012^[23]规定的限量标准。10种海参虽然在营养成分上存在一定的差异,但均富含蛋白、黏多糖等生物活性物质以及人体所需的必须氨基酸和矿物质元素。因此,本研究通过分析10种海参的营养组成,证明子安辐肛参、智利瓜参、黑海参、绿刺参、美国肉参、红刺参、黑北极参、糙刺参、阿拉斯加红参和黄秃参这10种海参具有较高的营养价值,从而为进一步开发利用进口海参资源提供参考依据。

参考文献

- [1] 廖玉麟. 我国的海参[J]. 生物学通报, 2001, 36(9): 1-3.
Liao YL. The sea cucumber of our country [J]. Bull Biol, 2001, 36(9): 1-3.
- [2] 胡晓倩, 王玉明, 任兵兴, 等. 海参主要活性成分对大鼠脂质代谢影响的比较研究[J]. 食品科学, 2009, 30(23): 393-396.
Hu XQ, Wang YM, Ren BX, et al. Hypolipidemic effect of bioactive components from sea cucumber in rats [J]. Food Sci, 2009, 30(23): 393-396.
- [3] Chen SG, Xue CH, Yin LA, et al. Comparison of structures and anticoagulant activities of fucosylated chondroitin sulfates from different sea cucumbers [J]. Carbohydr Polym, 2011, 83(2): 688-696.
- [4] Kumar R, Chaturvedi AK, Shukla PK, et al. Antifungal activity in triterpene glycosides from the sea cucumber *Actinopyga lecanora* [J]. Carbohydr Polym, 2007, 17(15): 4387-4391.
- [5] 李冰, 王静凤, 傅佳, 等. 刺参对运动小鼠抗疲劳作用的研究[J]. 食品科学, 2010, 31(15): 244-247.
Li B, Wang JF, FU J, et al. Anti-fatigue effect of sea cucumber *Stichopus japonicus* in mice [J]. Food Sci, 2010, 31(15): 244-247.
- [6] 韦丁, 陈健. 白底辐肛参营养成分的探究[J]. 食品与发酵工业, 2009, 35(9): 50-52.
Wei D, Chen J. *Actinopygam auritiana* nutrient contents, research [J]. Food Ferment Ind, 2009, 35(9): 50-52.
- [7] 王远红, 王聪, 郭丽萍, 等. 海参科(*Holothuroidea*)中4种海参的营养成分分析[J]. 中国海洋大学学报, 2010, 40(7): 111-114.
Wang YH, Wang C, Guo LP, et al. Analysis of nutritional components in four kinds of *Holothuroidea* [J]. Period Ocean Univ China, 2010, 40(7): 111-114.
- [8] 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[J]. 现代食品科技, 2013, 40(12): 54-57.
Dong XD, Pan RJ, Wang CH. Comparison of values of *Acaudina molpadioides*, *Holothuria nobilis*, and *Actinopyga miliaris* [J]. Mod Food Sci Technol, 2013, 40(12): 54-57.
- [9] GB 5009.5-2010 食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定[S].
GB 5009.5-2010 National Food Safety Standard-Determination of protein in foods [S].
- [10] GB 5009.4-2010 食品安全国家标准 食品中灰分的测定[S].
GB 5009.4-2010 National Food Safety Standard-Determination of ash in foods [S].
- [11] 王泽文, 冷凯良, 翟毓秀, 等. 亚甲基蓝比色法测定海参不同组织酸性黏多糖含量[J]. 海洋科学, 2011, 35(3): 77-82.
Wang ZW, Leng KL, Zhai YX, et al. Spectrophotometric determination of mucopolysaccharide from different parts of sea cucumber with methylene blue [J]. Mar Sci, 2011, 35(3): 77-82.
- [12] 李志超, 刘淇, 任丹丹, 等. 干海参中外源性糖溶出条件的优化[J]. 食品安全质量检测学报, 2014, 5(1): 35-40.
Li ZC, Liu Q, Ren DD, et al. Dissolution optimization of exogenous sugar in dried sea cucumber [J]. J Food Saf Qual, 2014, 5(1): 35-40.
- [13] GB/T 5009.124-2003 食品中氨基酸的测定[S].
GB/T 5009.124-2003 The determination of amino acids in the food [S].
- [14] 孙耀帆, 李群, 江志刚, 等. 电感耦合等离子体质谱法测定花生中34种元素[J]. 分析试验室, 2012, 31(6): 108-112.
Sun YF, Li Q, Jiang ZG, et al. Study on determination of 34 elements in peanuts by inductively coupled plasma mass spectrometry [J]. Chin J Anal Lab, 2012, 31(6): 108-112.
- [15] 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 ZP, Liu Q, Cao R, et al. Comparative analysis of nutritive composition between wild and cultured sea cucumber *Apostichopus japonicus* [J]. South China Fish Sci, 2012, 8(2): 64-70.
- [16] 薛长湖. 海参精深加工的理论和技术[M]. 北京: 科学出版社, 2015.
Xue CH. Intensive processing of sea cucumber theory and technology [M]. Beijing: Science Press, 2015.
- [17] 沈鸣. 海参的化学成分和药理研究进展[J]. 中成药杂志, 2001, 23(10): 758-761.

- Shen M. Investigation on component and pharmacology of sea cucumber [J]. Chin Tradit Patent Med, 2001, 23(10): 758-761.
- [18] 朱国萍, 滕脉坤, 王玉珍. 脯氨酸对蛋白质热稳定性的贡献[J]. 生物工程进展, 2000, 20(4): 48-51.
- Zhu GP, Teng MK, Wang YZ. Contribution of prolines to protein thermostability [J]. Prog Biotechnol, 2000, 20(4): 48-51.
- [19] 樊绘曾. 海参: 海中人参—关于海参及其成分保健医疗功能的研究与开发[J]. 中国海洋药物杂志, 2001, (4): 37-44.
- Fan HZ. Sea cucumber: sea ginseng: the research and development on medical and health function of sea cucumber and its components [J]. Chin J Mar Drugs, 2001, (4): 37-44.
- [20] 王莹, 康万利, 辛士刚, 等. 鲍鱼、海参中微量元素的分析研究[J]. 光谱学与光谱分析, 2009, 29(2): 511-514.
- Wang Y, Kang WL, Xin SG, *et al.* Analysis study of trace elements in abalone and sea cucumber [J]. Spectrosc Spectral Anal, 2009, 29(2): 511-514.
- [21] 冷进松, 高雪梅, 王磊鑫. 食品中重金属污染的危害及其检测技术研究进展[J]. 农产品加工, 2015, 12: 50-53.
- Leng JS, Gao XM, Wang LX. Hazards of heavy metal pollution in food and progress in study on analysis technologies [J]. Farm Prod Process, 2015, 12: 50-53.
- [22] 王子云, 詹秀环. 铝的污染与危害[J]. 周口师范学院学报, 2004, 21(2): 65-67.
- Wang ZY, Zhan XH. Pollution and harm of Aluminium [J]. J Zhoukou Teachers Coll, 2004, 21(2): 65-67.
- [23] GB 2762-2012 食品安全国家标准 食品中污染物限量[S].
- GB 2762-2012 National Food Safety Standard-Standard for limits of contaminants [S].

(责任编辑: 姚 菲)

作者简介



赵 玲, 助理研究员, 主要研究方向为水产品加工与高值化。

E-mail: zhaoling@ysfri.ac.cn



刘 淇, 研究员, 主要研究方向为水产品加工与综合利用。

E-mail: liuqi@ysfri.ac.cn