

红毛藻营养成分分析与评价

吴靖娜^{1,2}, 陈晓婷^{1,2}, 路海霞^{1,2}, 苏捷^{1,2}, 林玉雨³, 刘智禹^{*1,2}

(1. 福建省水产研究所, 福建 厦门 361013; 2. 福建省海洋生物增殖与高值化利用重点实验室, 福建 厦门 361013; 3. 莆田市汇龙食品有限公司, 福建 莆田 351100)

摘要: 为了对红毛藻的营养价值进行全面的分析及评价。采用国家标准生化测定法检测红毛藻 (*Bangia fuscopurpurea*) 的营养成分。测得红毛藻干品的水分、灰分、粗脂肪、粗蛋白质以及粗纤维的质量分数分别为 10.90%、10.00%、3.78%、39.42% 和 17.20%; 检出含有 18 种氨基酸, 必需氨基酸质量分数为总量的 35.53%, 鲜味和甜味氨基酸质量分数占总氨基酸的 49.87%, 谷氨酸的质量分数最高 (4.79%); 测得脂肪酸总质量分数为 3.77%, 其中 ω -3 系列的多不饱和脂肪 EPA 的质量分数最高, 占总脂肪酸质量分数的 39.26%; 红毛藻中含有多种矿物质如 钾、钠、磷、镁、锰、钙、铁等元素, 宏量及微量元素里质量分数最高分别为 钾 (2 627.17 mg/hg) 和铁元素 (31.80 mg/hg)。研究表明, 红毛藻为高蛋白质和膳食纤维、营养价值丰富的经济海藻, 具有较好的开发前景。

关键词: 红毛藻; 营养成分; 分析; 评价; 营养价值

中图分类号: TS 254.2 文章编号: 1673-1689(2019)06-0131-06 DOI: 10.3969/j.issn. 1673-1689.2019.06.018

Analysis and Evaluation of Nutritional Components in *Bangia fuscopurpurea*

WU Jingna^{1,2}, CHEN Xiaoting^{1,2}, LU Haixia^{1,2}, SU Jie^{1,2}, LIN Yuyu³, LIU Zhiyu^{*1,2}

(1. Fisheries Research Institute of Fujian, Xiamen, Fujian 361013, China; 2. National Research and Development Center for Marine Fish Processing, Xiamen, Fujian 361013, China; 3. Putian Huilong Food Co., Ltd, Putian, Fujian 351100)

Abstract: To systematically analyse the nutritional value of *Bangia fuscopurpurea*, we have detected the nutrient content according to the national standard biochemical assay. The results showed that dry weight content of moisture, crude ash, crude fat, crude protein and crude fiber in *Bangia fuscopurpurea* were 10.90%, 10.00%, 3.78%, 39.42% and 17.20%, respectively. Eighteen kinds of amino acids were determined, in which essential amino acids was accounting for 35.53%, sweet amino acids and flavor amino acids were accounting for 49.87% of total amino acids. The highest mass fractions of amino acid was glutamic acid, reaching 4.79%. The total mass fractions of

收稿日期: 2016-10-31

基金项目: 福建省海洋高新产业发展专项([2015]12 号); “十三五”海洋经济创新发展示范项目(FZHJ14)。

作者简介: 吴靖娜(1984—), 女, 博士, 助理研究员, 主要从事水产品加工与综合利用研究。E-mail: 31301863@qq.com

* 通信作者: 刘智禹(1972—), 男, 博士, 教授级高工, 硕士研究生导师, 主要从事水产品加工与综合利用研究。

E-mail: 13906008638@163.com

引用本文: 吴靖娜, 陈晓婷, 路海霞, 等. 红毛藻营养成分分析与评价[J]. 食品与生物技术学报, 2019, 38(06): 131-136.

fatty acids were 3.77%, in which the w-3 polyunsaturated fatty acids EPA composed 39.26%. The *Bangia fusco-purpurea* was rich in minerals, such as kalium (K), sodium (Na), phosphorus (P), magnesium (Mg), manganese (Mn), calcium (Ca) and iron (Fe). The highest mass fractions in macro and trace elements of *Bangia fusco-purpurea* was K (2 627.17 mg/hg) and Fe (31.80 mg/hg) respectively. This study demonstrated that *Bangia fusco-purpurea* was a kind of economic seaweed with higher protein and dietary fibre, which had a better researching prospect.

Keywords: *Bangia fusco-purpurea*, nutritional components, analysis, evaluation, nutritional value

红毛藻(*Bangia fusco-purpurea*)俗称为红棉藻、红毛苔、红发菜及红毛菜等。属于红藻门、原红藻纲及红毛菜属植物^[1]。红毛藻生长区域广泛,基本遍及亚寒带至亚热带区域,我国的产量也较大,福建省莆田是其中一个首要的产地,大多位于南日诸岛及泥洲岛^[2]。研究表明,鲜香美味的红毛藻具有显著的降低血压、改善血虚症、滋阴降火以及预防血管疾病等功效^[3-4]。目前,红毛藻人工养殖量不断上升,但加工利用率却很低,弱化其在市场中的竞争力及经济效益,因而增强其深度、充分及合理的加工利用,提高产品价值,将成为研究及开发的热点。

目前,已有关于红毛藻基因序列^[2]、藻红蛋白^[5]、多糖^[5-6]、脂肪酸^[7]及氨基酸^[8]等分析研究的文献资料,但对于红毛藻的营养成分和价值未有较为系统分析及评价。因此,本文作者对红毛藻中常规营养成分、氨基酸、脂肪酸及矿物质元素进行了系统的分析和评价,充分掌握了红毛藻的食用和营养价值,为更深入的加工研究提供科学基础,从而实现红毛藻的高值化利用及可持续发展。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

红毛藻干品,莆田市汇龙海产有限公司提供。

设备及仪器:KSJ 型电炉温度控制器,山东神龙口市先科仪器公司产品;DHG-9141A 型电热恒温鼓风干燥箱,上海浦东荣丰科学仪器有限公司产品;BSA224S 型电子分析天平,厦门精艺兴业科技有限公司产品。

1.2 实验方法

水分:参考国家标准直接干燥法(GB 5009.3-2010)进行检测;灰分:参考国家标准高温灰化法(GB 5009.4-2010)进行检测;粗蛋白质:参考国家标准方法(GB 5009.5-2010)进行检测;粗脂肪和脂肪

酸:参考 AOAC996.06-2008GC-FID 的方法进行检测;粗纤维:参考国家标准方法(GB 5009.88-2014)进行检测;氨基酸:利用自动分析仪检测出样品中氨基酸的量及其分布(GB 5009.124-2010);矿物质:参考国家标准方法(GB/T 5009.13(14,87,90,91,92)-2003 和 GB 5009.93-2010)检测食品中铜、锌、磷、铁、镁、锰、钾、钠、钙及硒的质量分数。

1.3 氨基酸营养评价价值评价

氨基酸评分基准按照 FAO/WHO 的提议^[9],鸡蛋蛋白质的化学评分基准按照中国预防医学科学院的提议^[10],进而通过蛋白质化学评分(AAS)、化学评分(CS)及必需氨基酸指数(EAAI)系统的评价红毛藻样品中的营养物质^[11]。分别由下式求得:

$$M=(n/n_{p0})\times 6.25\times 1000 \quad (1)$$

$$P_{AAS}=m/A_{(FAO/WHO)} \quad (2)$$

$$P_{CS}=m/A_{Egg} \quad (3)$$

$$I_{EAAI}=[(\alpha/\alpha_E)\times(\beta/\beta_E)\cdots\times(\mu/\mu_E)]^t\times 100 \quad (4)$$

式中: M 为含多少氨基酸,mg/g N; n 为样品中含多少某种氨基酸,mg/g N; n_{p0} 为样品中粗蛋白质质量分数,mg/g N; m 为测定的样品蛋白质中含多少某种必需氨基酸,mg/g N; $A_{(FAO/WHO)}$ 为 FAO/WHO 评分基准中含某一必需氨基酸的质量分数,mg/g N; A_{Egg} 为鸡蛋蛋白质中含多少该种必需氨基酸,mg/g N; $\beta\cdots\mu$ 为样品蛋白质中含有多少必需氨基酸,mg/g N; $\alpha_E\beta_E\cdots\mu_E$ 为鸡蛋蛋白质中含多少必需氨基酸,mg/g N; t 为比较的氨基酸种类个数。

2 结果与讨论

2.1 常规营养成分分析

表 1 为红毛藻中常规营养成分。由于原料来源、捕捞时间、采样方法的差异,会致使检测结果的少量差异。其中红毛藻中水分的质量分数为 10.90%,与孙惠浩^[6]和黄文凤^[7]的检测结果 10.92%

和 9%相近。相比同为红毛菜科的坛紫菜与条斑紫菜,红毛藻粗脂肪、灰分为最高,粗蛋白质的质量分数高于坛紫菜;相比同为原红藻纲的龙须菜、芋根江蓠、粗枝软骨藻和异枝麒麟菜,红毛藻的粗脂肪、粗蛋白质和粗纤维的质量分数最高。检测结果显

示,红毛藻是一种具有较高膳食纤维以及蛋白含量的经济海藻。膳食纤维作为一种平衡膳食结构的必须营养品,能够清理肠道、改善便秘、降低血脂及血压,控制血糖、排毒抗癌等^[12-13]。

表 1 红毛藻基本营养成分含量

Table 1 Nutritional composition in *Bangia fusco-purpurea*

藻类品种	水分质量分数/%	粗脂肪质量分数/%	灰分质量分数/%	粗蛋白质质量分数/%	粗纤维质量分数/%
红毛藻 <i>Bangia fusco-purpurea</i>	10.90±0.10	3.78±0.15	10.00±0.10	39.42±0.13	17.20±0.11
坛紫菜 <i>Porphyra haitanensis</i> ^[14]	13.03±1.75	1.75±0.01	9.53±1.34	27.65±2.19	—
条斑紫菜 <i>Porphyra yezoensis</i> ^[15]	8.62	3.52	9.20	44.15	—
龙须菜 <i>Gracilaria lemaneiformis</i> ^[16]	5.02	0.14	11.16	19.24	8.23
芋根江蓠 <i>Gracilaria blodgettii</i> ^[17]	12.26	0.30	34.88	9.75	6.18
粗枝软骨藻 <i>Chondria crassicaulis</i> ^[17]	25.56	0.26	7.16	11.06	12.29
异枝麒麟菜 <i>Eucheuma striatum</i> ^[18]	—	2.88	39.04	6.20	5.13

注:表中比较的坛紫菜、条斑紫菜、龙须菜、芋根江蓠、粗枝软骨藻和异枝麒麟菜均为干品的检测结果。

2.2 氨基酸组成及营养评价

2.2.1 氨基酸组成 表 2 为红毛藻中氨基酸检测结果,总氨基酸的质量分数是 38.62%,与马家海^[8]的检测结果 40.27%相近,均高于干品检测的坛紫菜(35.48%)^[9]、条斑紫菜(33.45%)^[20]、龙须菜(15.23%)^[16]、芋根江蓠(13.00%)^[17]、粗枝软骨藻(21.30%)^[17]和异枝麒麟菜(4.93%)^[18]。红毛藻中必需氨基酸的质量分数为 13.72%,占氨基酸总量的 35.53%,接近 FAO/WHO 中 EAA/TAA 标准为 40%左右^[21],与非必需氨基酸的比值是 55.10%。

红毛藻的氨基酸组成比例中可以发现,质量分数最高的是谷氨酸(4.79%),而甲硫氨酸(0.92%)和组氨酸(0.62%)的质量分数相对较低,这与多种藻类组成比例相似。呈味氨基酸鲜味及甜味氨基酸的质量分数为 49.87%,均高于条斑紫菜(41.90%)、龙须菜(43.99%)、芋根江蓠(47.64%)、粗枝软骨藻(46.35%)和异枝麒麟菜(44.77%),且与坛紫菜(50.34%)相近,这赋予了红毛藻特有的鲜美风味。

表 2 红毛藻的氨基酸组成

Table 2 Amino acid composition in *Bangia fusco-purpurea*

必需氨基酸(EAA)	质量分数/%	非必需氨基酸(NEAA)	质量分数/%
L-苏氨酸(Thr)	2.19±0.02	L-天冬氨酸(Asp)*	3.54±0.04
L-缬氨酸(Val)	2.50±0.02	谷氨酸(Glu)*	4.79±0.01
L-甲硫氨酸(Met)	0.92±0.01	甘氨酸(Gly)**	2.54±0.02
L-异亮氨酸(Ile)	1.57±0.02	L-丙氨酸(Ala)**	4.76±0.04
L-亮氨酸(Leu)	2.93±0.03	丝氨酸(Ser)**	1.93±0.02
苯丙氨酸(Phe)	1.55±0.02	L-脯氨酸(Pro)**	1.70±0.01
赖氨酸(Lys)	2.06±0.02	L-酪氨酸(Tyr)	1.25±0.03
L-色氨酸(Trp)	0	L-组氨酸(His)	0.61±0.01
总 EAA	13.72	L-精氨酸(Arg)	2.46±0.03
氨基酸总量(TAA)	38.62	L-胱氨酸(Cys)	1.32±0.04
EAA/TAA	35.53	鲜味氨基酸(FAA)	8.33
NEAA/TAA	64.47	甜味氨基酸(SAA)	10.93
EAA/NEAA	55.10	总 NEAA	24.90
FAA+SAA/TAA	49.87		

注:*表示鲜味氨基酸;**表示甜味氨基酸

2.2.2 氨基酸营养价值评价 食物蛋白质营养价值的评分主要取决于氨基酸的种类、含量及构成比

例^[22],特别是人体必需氨基酸质量分数及组成^[23]。按照 FAO/WHO 的氨基酸和鸡蛋蛋白质的评分基准,得出蛋白质化学评分(AAS)、化学评分(CS)和必需氨基酸评分(EAAI),并进行分析评价(表3)。

由表3可知,红毛藻的7种必需氨基酸的质量分数均超过了FAO/WHO关于人体摄入必需氨基酸的推荐标准,必需氨基酸质量分数为2 583 mg/g N,小于FAO/WHO的蛋白质标准(2 960 mg/g N)和鸡蛋蛋白质(2 190 mg/g N)。AAS中甲硫氨酸+胱氨酸、苏氨酸、缬氨酸、苯丙氨酸+酪氨酸、亮氨酸、异亮氨酸的数值均比1大,赖氨酸接近1,这表明红毛藻中富含多种必需氨基酸,且分布比例合理。由AAS及CS可知,第一限制氨基酸是赖氨酸,第二限制氨基酸是异亮氨酸,即红毛藻蛋白质中赖氨酸及异亮氨酸欠缺,红毛藻的EAAI值是87.79。综上所述,红毛藻中具有组成和质量分数较佳的必需氨基酸以及较高的营养价值。

表3 红毛藻必需氨基酸组成评价

Table 3 Evaluation of essential amino acids composition in *Bangia fusco-purpurea*

EAA/(mg/g N)	红毛藻/(mg/g N)	鸡蛋蛋白质TEPAA/(mg/g N)	FAO/WHO标准/(mg/g N)	AAS	CS
Thr	347	292	250	1.39	1.19
Val	396	411	310	1.28	0.96
Ile	249	331	250	1.00	0.75
Leu	465	534	440	1.06	0.87
Phe+Tyr	444	565	380	1.17	0.79
Met+Gys	355	386	220	1.61	0.92
Lys	327	441	340	0.96	0.74
Total	2583	2960	2190	—	—
EAAI	87.79				

表4 红毛藻脂肪酸组成及质量分数

Table 4 Fatty acid content in *Bangia fusco-purpurea*

饱和脂肪酸(SFA)	质量分数/%	单不饱和脂肪酸(MUFA)	质量分数/%	多不饱和脂肪酸(PUFA)	质量分数/%
C ₁₂₀	0.01±0.00	C ₁₈₁	0.24±0.06	C ₂₀₅	1.48±0.04
C ₁₆₀	1.24 ±0.00	C ₂₀₁	0.08±0.00	Σω-3PUFA	1.48±0.04
C ₁₈₀	0.06 ±0.00	ΣMUFA	0.32±0.06	C ₁₈₂	0.12±0.01
ΣSFA	1.31±0.00			C ₁₈₃	0.01±0.00
				C ₂₀₂	0.04±0.00
				C ₂₀₃	0.08±0.01
				C ₂₀₄	0.42±0.01
				Σω-6PUFA	0.66±0.03
				ΣPUFA	2.14±0.06

注: Σω-3PUFA 是 ω-3 系列多不饱和脂肪酸; Σω-6PUFA 是 ω-6 系列多不饱和脂肪酸。

2.3 脂肪酸成分分析

检出红毛藻包含饱和脂肪酸(SFA)、单不饱和脂肪酸(MUFA)和多不饱和脂肪酸(PUFA)(表4),分别是1.31%、0.32%和2.14%。红毛藻含较低的脂肪(3.78%),但PUFA在脂肪酸中的相对含量较多,是脂肪酸总质量分数的56.76%,高于坛紫菜(44.88%)和龙须菜(10.17%)^[24]。有研究表明,不饱和脂肪酸能酯化胆固醇,从而减弱血清和肝脏的胆固醇水平^[8]。在PUFA中,发现ω-3PUFA的质量分数为1.48%,其质量分数最高是脂肪酸总质量分数的39.26%,高于坛紫菜(24.89%)和龙须菜(3.60%),ω-3系列PUFA具有预防心血管疾病、冠心病、慢性炎症性疾病以及改善视觉功能等功效^[25]。

在SFA中,发现棕榈酸的质量分数为1.24%,在MUFA中,发现油酸的质量分数为0.24%,均为最高,这与条斑紫菜、坛紫菜、龙须菜等脂肪酸分布比例相似^[24],这两者能够代替膳食中的月桂酸和豆蔻酸,两者结合有利于治疗血栓,棕榈酸能够减少血清胆固醇^[26]。PUFA中二十碳五烯酸(EPA)的质量分数最高,是脂肪酸总量的39.26%,高于坛紫菜(24.34%)和龙须菜(1.92%),EPA能够降血压、促进平滑肌收缩以及扩张血管等,研究表明,同花生四烯酸相比,能够更有效的预防动脉粥样硬化^[20],并且有一定的保健作用^[27-29]。

2.4 矿物质元素分析

含有丰富矿物质元素的海洋藻类被誉为“天然营养矿藏”^[30],于是对红毛藻的矿物质元素进行分析,检测结果见表5,可以看出红毛藻中有常量元素6种和微量元素4种,其中质量分数最高为钾元素(2 627.17 mg/hg),钠、磷和镁元素(分别为1 156.27、

739.07 mg/hg 和 272.67 mg/hg)次之,高于龙须菜钾、钠和镁元素(197.3、160.8 mg/hg 和 226 mg/hg)^[17]。红毛藻中含有较多的是钾、钙、钠、镁和磷,其中 Na/K 值为 0.4,钠会升高血压,钾会降低血压,这种低 Na/K 比例有助于降低高血压的发病率^[20]。微量矿物质元素中含较高的铁元素,达 31.80 mg/hg,锌(4.00 mg/hg)及铜(1.10 mg/hg)次之。Fe 参与了血红蛋白和多种酶的合成过程,同时在组织呼吸、生物氧化过程中也发挥重要的作用;Cu 能预防贫血,因其是造血过程不可或缺的元素;Zn 能够促进生长及智力发育,同时也是多种酶合成的重要因子^[31]。因此,红毛藻中丰富的矿质元素能够补充人体需求,可以将其进一步开发和利用成食用及药用产品。

表 5 红毛藻矿物质元素质量分数

Table 5 Mineral content in *Bangia fusco-purpurea*

常量元素	质量分数	微量元素	质量分数
K	2 627.17±8.56	Fe	31.80±0.20
Ca	64.00±0.70	Cu	1.10±0.00
Na	1 156.27±8.94	Zn	4.00±0.00
Mg	272.67±7.01	Se	0.004±0.00
Mn	3.07±0.05	—	—
P	739.07±3.80	—	—

mg/hg

3 结 语

检测红毛藻的主要营养成分,将结果与其他同为红藻门及原红藻纲的海藻类进行比较及评价。结果显示,红毛藻干品的水分、灰分、粗脂肪、粗蛋白质和粗纤维的质量分数分别为 10.90%、10.00%、3.78%、39.42%及 17.20%;除了色氨酸,共检出 17 种氨基酸,总氨基酸和必需氨基酸的质量分数分别为 38.62%和 13.77%,其中大部分是鲜味及甜味氨基酸,是总氨基酸的 49.87%;测得红毛藻中总脂肪酸质量分数为 3.77%,含较多的多不饱和脂肪酸,是总脂肪酸的 56.76%,其中质量分数最高的是 ω -3 系列的 EPA,占脂肪酸总质量分数的 39.26%;矿物质元素中质量分数最高为钾元素(2627.17 mg/hg)其次是钠和磷。综合数据表明,红毛藻是高蛋白质和高膳食纤维的经济海藻类,且氨基酸和脂肪酸组成适宜,矿物质丰富、营养价值较佳、有一定的保健作用。因此,对红毛藻进行综合开发利用具有重要的实际意义及经济价值。

参考文献:

- [1] DING Lanping, HUANG Bingxin, WANG Hongwei. New classification system of marine red algae of China [J]. *Guangxi Sciences*, 2015, 22(2): 164-188. (in Chinese)
- [2] 徐佳杰. 红毛菜核糖体 RNA 基因全长序列及不同地理群间的系统发育分析研究[D]. 江苏: 苏州大学, 2015: 2.
- [3] 中国农业百科全书, 水产业卷[M]. 北京: 中国农业出版社, 1994: 218-219.
- [4] LIANG Kehong. Progress in studies and application of the algae protein[J]. *Journal of Food Science and Biotechnology*, 2015, 34(6): 569-574. (in Chinese)
- [5] CHEN Encheng, PENG Chaoying, ZHANG Xingru. Separation and purification as well as compositions of polysaccharides in *Bargia Fusco-purpurea*[J]. *Guangzhou Food Science and Technology*, 2004, 20(2): 30-32. (in Chinese)
- [6] 孙惠浩. 红毛藻多糖的提取纯化及其性质的研究[D]. 厦门: 集美大学, 2008: 13-14.
- [7] HUANG Wenfeng, HUANG Jianming, DONG Feiqiang. Value and characteristics of the nutrient elements of *Bangia fusco-purpurea*[J]. *Marine Fisheries Research*, 1998, 19(2): 57-61. (in Chinese)
- [8] MA Jiahai, LI Shuijun, JI Huahong, et al. Ananalysis of amino acids and fatty acids in *Bangia*[J]. *Chinese Journal of Marine Drugs*, 2002, 5: 40-42. (in Chinese)
- [9] VINAY B J, SINDHU K T C. Effect of detoxification on the functional and nutritional quality of proteins of karanja seed meal[J]. *Food Chemistry*, 2008, 106(1): 77- 84.
- [10] 杨月欣, 王光亚, 潘光昌. 中国食物成分表2002[M]. 北京: 北京医科大学出版社, 2002: 286-322.
- [11] BIEL W, BOBKO K, MACIOROWSKI R. Chemical composition and nutritive value of husked and naked oats grain[J]. *Journal of Cereal Science*, 2009, 49(3): 413- 418.
- [12] WANG Jinqing. The functions and application of dietary fiber[J]. *China Brewing*, 2003, 5: 37-38. (in Chinese)

- [13] ZHANG Huixia, ZHANG Min, ZHANG Shuguang, et al. Extraction deodorization and application of soybean fiber in bayberry juice[J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**, 2012(6):606-614. (in Chinese)
- [14] 孙彬. 坛紫菜品质分析[D]. 上海:上海水产大学, 2006.
- [15] HE Ronghai, MA Haile, XIAO Haifang. Analysis of oil and protein components in *Porphyra yezoensis*[J]. **Food & Machinery**, 2007, 23(6):76-78. (in Chinese)
- [16] JIANG Haiyan, WU Sichao, CEN Yinzhou. Nutrient component analysis of six kinds of economic algae in Zhanjiang sea area[J]. **Guangzhou Chemical Industry**, 2011, 39(7):105-108. (in Chinese)
- [17] ZHAO Sufen, SUN Huiqiang, LIANG Junzhi, et al. Nutrient component analysis of six kinds of economic algae in Zhanjiang sea area[J]. **Journal of Guangdong Ocean University**, 2009, 29(1):49-53. (in Chinese)
- [18] ZHOU Qicun, LIU Dongchao, YE Fuliang, et al. Analysis of nutritive composition in *Kappaphycus alvarezzi* doty and its evaluation in nutriology[J]. **Journal of Zhanjiang Ocean University**, 2001, 21(1):43-46. (in Chinese)
- [19] CHEN Bilian, LIN Yuexin, HUANG Jian. Nutritional evaluation of *Porphyra haitanensis*[J]. **Chinese Journal of Marine Drugs**, 2001, 2:51-53. (in Chinese)
- [20] ZHANG Quanbin, ZHAO Tingting, QI Huimin, et al. Review of the nutritional properties of nori[J]. **Marine Science**, 2005, 29(2):69-72. (in Chinese)
- [21] CHEN Xiaoting, WU Jingna, LU Haixia, et al. Analysis and evaluation of nutritional components in the muscle of decapod crustaceans[J]. **Fishery Modernization**, 2016, 43(1):56-61. (in Chinese)
- [22] SHEN Shuo, ZHOU Jicheng, ZHAO Siming, et al. The nutritional composition and evaluation of muscle of polydora spathula[J]. **Acta Nutrimenta Sinica**, 2009, 31:295-297. (in Chinese)
- [23] USYDUS Z, SZLINDER-RICHERT J, POLAK-JUSZCZAK L. Food of marine origin: between benefits and potential risks. part I. canned fish on the polish market[J]. **Food Chemistry**, 2008, 111(3):556-563.
- [24] PENG Quancai, SONG Jinming, LI Chen, et al. Risk assessment of ingesting polyunsaturated fatty acids and organochlorine pesticide residues in five seaweeds from Jiaozhou bay[J]. **Oceanologia Et Limnologia Sinica**, 2014, 45(1):80-87. (in Chinese)
- [25] HUYNH M D, KITTS D D. Evaluating nutritional quality of pacific fish species from fatty acid signatures[J]. **Food Chemistry**, 2009, 114:912-918.
- [26] CHEN Yinji, JU Xingrong, ZHOU Guanghong. Classification and physiological function of saturated fatty acids[J]. **China Oil and Fats**, 2003, 33(3):35-39. (in Chinese)
- [27] YAO Shiyong, LIU Tong, LIU Rong, et al. Research progress in polyunsaturated fatty acids and their anti-cancer role[J]. **Journal Chongqing Technol Business University: Natural Science Edition**, 2014, 31(12):86-90. (in Chinese)
- [28] RAPOPO S I, RAO J S, IGARSHI M, et al. Brain metabolism of nutritionally essential polyunsaturated fatty acids depends on both the diet and the liver[J]. **Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids**, 2007, 77(5-6):251-261.
- [29] SUN Xianyu, GAO Guitian, DUAN Aili, et al. The research progress of polyunsaturated fatty acids[J]. **Science and Technology of Food Industry**, 2012(7):418-423. (in Chinese)
- [30] LIN Jianyun, CHEN Weifen, HE Qing, et al. Nutritional composition contents and food safety for Enteromorpha in Fujian coast waters[J]. **Journal of Oceanography in Taiwan Strait**, 2011, 30(4):570-576. (in Chinese)
- [31] WU Chuang, MA Jiahai, GAO Song, et al. Nutrition analysis and food safety evaluation of green tide algae in 2010[J]. **Journal of Fisheries of China**, 2013, 37(1):141-150. (in Chinese)