

网络优先数字出版时间: 2016-08-26

【DOI】10.13657/j.cnki.gxkxyxb.20160826.010

网络优先数字出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/45.1075.N.20160826.1049.020.html>

## 三种马尾藻的营养组成分析\*

# Nutritional Constituents of Three Kinds of *Sargassum*

詹冬梅<sup>1,2</sup>, 王翔宇<sup>1,2</sup>, 辛美丽<sup>1,2</sup>, 吕芳<sup>1,2</sup>, 吴海一<sup>1,2\*</sup>

ZHAN Dongmei<sup>1,2</sup>, WANG Xiangyu<sup>1,2</sup>, XIN Meili<sup>1,2</sup>, LV Fang<sup>1,2</sup>, WU Haiyi<sup>1,2</sup>

(1. 山东省海洋生物研究院, 山东青岛 266104; 2. 青岛市大型海藻工程技术研究中心, 山东青岛 266104)

(1. Marine Biology Institute of Shandong Province, Qingdao, Shandong, 266104, China; 2. Macroalgae Engineering Technology Centre of Qingdao, Qingdao, Shandong, 266104, China)

**摘要:**【目的】为扩大马尾藻应用范围, 提高其开发利用价值, 对山东荣成鼠尾藻、海黍子及铜藻等3种马尾藻的主要营养组成及功能活性成分物质进行研究。【方法】测定分析马尾藻中的蛋白质、粗脂肪、粗纤维、不溶性膳食纤维、氨基酸、微量元素、褐藻胶、褐藻淀粉、岩藻黄素等成分的含量。【结果】3种海藻的微量元素含量丰富, 其他物质的含量如下: 粗蛋白14.1%~19.1%, 粗脂肪1.8%~2.5%, 粗纤维5.4%~9.6%, 不溶性膳食纤维14.7%~19.6%, 褐藻胶12.4%~26.2%, 褐藻淀粉0.04%~0.38%, 岩藻黄素0.26~0.74 mg/g, 褐藻多酚1.34~6.48 mg/g, 甘露醇0.43%~0.45%。【结论】3种海藻属于蛋白质适中、脂肪低、膳食纤维高、其他活性成分较高的藻类, 可作为良好的食品添加剂及海藻活性成分提取的原料。

**关键词:** 马尾藻 营养组成 活性成分

中图分类号: S968.43 文献标识码: A 文章编号: 1002-7378(2016)03-0221-05

**Abstract:**【Objective】To extend the application fields and increase utility value of *Sargassum*, the primary composing components and functional components of three kinds of *Sargassum* collected from Rongcheng coastal zone were studied.【Methods】The contents of the protein, crude fats, crude fiber, insoluble dietary fibre, amino acids, trace elements, alginate, laminaran and fucoxanthin were measured and analysed【Results】Trace elements in the three kinds of *Sargassum* were as follow, protein 14.1%~19.1%, crude fats 1.8%~2.5%, crude fiber 5.4%~9.6%, insoluble dietary fibre 14.7%~19.6%, alginate 12.4%~26.2%, laminaran 0.04%~0.38%, fucoxanthin 0.26~0.74 mg/g, algae polyphenol 1.34~6.48 mg/g, mannite 0.43%~0.45%.【Conclusion】The three kinds of *Sargassum* were the algae with moderate

protein, low fat, high insoluble dietary fibre and high active composition. They could be used as raw materials of food additives and active components.

**Key words:** *Sargassum*, composing component, active component

收稿日期: 2016-05-15

修改日期: 2016-06-26

作者简介: 詹冬梅 (1971-), 女, 研究员, 主要从事海藻生物学研究。

\* 海洋公益性行业科研专项项目 (201505022, 201405040), 山东省现代农业产业技术体系创新团队项目 (SDAIT26-01) 和海洋经济创新发展区域示范项目资助。

\*\* 通讯作者: 吴海一 (1973-), 男, 副研究员, 主要从事海洋生态学研究, E-mail: wuhaiyi1997@163.com。

## 0 引言

【研究意义】鼠尾藻 (*Sargassum*

*thunbergii*)<sup>[1-2]</sup>、海黍子(*Sargassum muticum*)及铜藻(*Sargassum horneri*)等是一类具有较高经济价值的褐藻新资源,它们不仅是藻胶工业的优质原料,也是制备医药、食品、饲料、有机肥等的优质原料。该类褐藻在我国近海分布广泛,是海藻场及海底森林的主要组成部分。大部分的马尾藻一般不直接食用,但可以广泛用于饲料、藻胶和医药行业。海藻中含有丰富的维生素,如脂溶性维生素 A、D 的前体,维生素 E、K,水溶性维生素 B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>、B<sub>3</sub>、B<sub>12</sub> 以及维生素 C 等。褐藻胶是褐藻细胞间质多糖的主要成分,具有高分子阴离子化合物的特性,是维持褐藻生命活动所必须的基础物质,其主要成分为多聚甘露糖醛酸(M)和多聚古罗糖醛酸(G)所构成的高分子化合物,它主要用作食品、纺织、橡胶、医药等工业的助剂。褐藻中岩藻聚糖硫酸酯具有抗凝血、降血脂、抗肿瘤、抗病毒、增强机体免疫机制等多种生理活性,在工业、农业、环保、轻工、食品、医疗等领域有重要的应用价值。褐藻中的岩藻黄素属于类胡萝卜素类的化合物,对光不稳定,易被氧化,具有优越的抗氧化作用和抗肥胖、抗肿瘤、调节血糖含量和清除自由基等活性。褐藻多酚是海藻体内的化学防御物质,分子量从几百到几十万,具有多种化学及生物活性:络合金属离子;抑制淀粉酶、酯酶、抗血纤维蛋白溶酶活性;抑制微生物生长;抑制附生藻类生长;抑制植食动物摄食;凝集血红细胞<sup>[3]</sup>。在高度不饱和脂肪酸的抗氧化实验中发现,褐藻多酚比目前常用的抗氧化剂 BHT 的抗氧化活性高 2.5 倍<sup>[4]</sup>。【前人研究进展】目前已有报道研究大连海黍子<sup>[5]</sup>、海南马尾藻<sup>[6]</sup>、广东亨氏马尾藻<sup>[7]</sup>、浙江一种马尾藻(羊栖菜)<sup>[8]</sup>的基本营养成分,如氨基酸、微量元素、维生素等,但有关马尾藻中褐藻胶、岩藻黄素、褐藻多酚这些活性成分分析资料较少。【本研究切入点】每种马尾藻的营养组成有着较大的差异,因此本研究采集山东荣成自然资源量较大的 3 种马尾藻,对其主要营养组成及功能活性成分物质进行测定及分析。【拟解决的关键问题】扩大马尾藻这一大型经济藻类的应用范围,提高其开发利用价值,为充分开发利用海藻资源提供一定的科学理论参考。

## 1 材料与方 法

### 1.1 海藻的采集与处理

2015 年 6 月采集荣成俚岛湾海洋科技有限公司潮间带生长的鼠尾藻,潮下带生长的海黍子,以及筏架上漂浮生长的铜藻。所有采集的海藻用过滤海

水洗刷后,60℃烘干,装入自封袋中,置于冰箱中冷冻保存。

### 1.2 方 法

#### 1.2.1 一般组分的含量测定

粗蛋白的含量测定采用经典的凯氏定氮法;粗脂肪的含量测定采用索氏抽提法;粗纤维的含量测定采用重量法;灰分的测定采用 560℃煅烧法;不溶性膳食纤维的含量测定采用国家标准 GB 12394-90。

#### 1.2.2 氨基酸含量测定

海藻样品用 2 mL 5 mol/L 盐酸 110℃水解 24 h 后过滤,所得滤液用真空泵 40℃抽干;再用 pH 值 5.5 的磷酸缓冲液稀释到一定体积,摇匀,取一定量的水解样品用氨基酸自动分析仪进行测定。

#### 1.2.3 微量元素以及维生素含量测定

微量元素含量的测定:海藻样品用 HNO<sub>3</sub>-HClO<sub>4</sub> 混酸消解至无色透明,用双蒸水定容至一定体积,备用。用原子吸收光谱仪测定微量元素 Cu、Fe、Zn 的含量,用荧光分光光度法测定元素 Se 的含量(海洋监测规范生物体分析 GB 17378.6-1998)。

维生素 B<sub>1</sub> 的含量采用国家标准 GB/T 5009.84-2003 测定,维生素 B<sub>2</sub> 的含量采用国家标准 GB/T 14701-2002 测定。

#### 1.2.4 海藻多糖的含量测定

褐藻胶的含量测定参考文献[9]中所使用的醋酸钙法。褐藻淀粉和硫酸多糖的含量测定采用硫酸苯酚法,所用提取方法如下:取 10 g 海藻干粉,加 20 mL 甲醇脱色 3 次后,用 80℃热水提取 2 h;5 000×g 离心后,收集上清液旋转浓缩;然后加入 10 mL 50%(V/V)乙醇,离心收集沉淀,即为褐藻淀粉;上清液中再加入 10 mL 80%(V/V)乙醇沉淀,收集沉淀物,为硫酸多糖。

#### 1.2.5 其他生物活性物质的含量测定

##### (1)甘露醇

采用硫代硫酸钠滴定法:海藻用蒸馏水浸泡 24 h,将提取液浓缩沉淀,置于碘瓶中,加入 3.2 g/L 高碘酸钠溶液及硫酸溶液(水:浓硫酸=1:20,V/V),50℃水浴加热 15 min,放冷。加入 16.5%(W/V)碘化钾液,放置 5 min,用 0.1 mol/L 硫代硫酸钠滴定液滴定,至近终点时,加入 1%(W/V)淀粉溶液 1.0 mL 使溶液呈蓝色,再继续滴定至蓝色消失。每 1.0 mL 硫代硫酸钠滴定液(0.1 mol/L)相当于 1.821 8 mg 甘露醇。

## (2) 岩藻黄素

准确称取 1.05 g 马尾藻干粉,用 20 mL 甲醇在 60℃ 的条件下避光静置,浸提 2 次,每次 1 h。浸提液冷冻离心后留取上清液并转入分液漏斗中,缓慢加入正己烷,充分震荡,放置分层,保留上层溶液;再用正己烷对下层甲醇水溶液进行萃取,直至不能从下层中萃取出黄素物质为止,最后舍掉下层,合并所得的上层溶液。在岩藻黄素特定吸收波长 450 nm 下测吸光度值,按下式算出岩藻黄素含量:

$$\text{岩藻黄素}(\text{mg/g}) = (A_{455} \times n \times 1000) / (A_{1\text{cm}}^{1\%} \times M \times 100),$$

式中: $A_{455}$  为样品在 445 nm 处的吸光值; $n$  为稀释倍数; $A_{1\text{cm}}^{1\%}$  为在 1 cm 光程长的比色皿中 1 g/L 岩藻黄素的理论吸收值,即 1 600; $M$  为样品重量, g。

## (3) 褐藻多酚

准确称取 2 g 干样品,加 50 mL 蒸馏水,于 121℃ 条件下提取 15 min。提取液 3 000 r/min 离心 20 min,用蒸馏水将上清液定容至 50 mL 得到热水提取的褐藻多酚溶液。然后加入 3 倍体积的 95%(V/V)乙醇溶液进行沉淀,静置 10 min 后进行离心,旋转蒸发出上清液中的乙醇,浓缩液加蒸馏水定容至 50 mL,得到褐藻多酚溶液。取 1 mL 褐藻多酚溶液置于 15 mL 试管中,加水稀释至 7 mL,混合均匀,加入 1 mL Folin-Denis 试剂摇匀,3 min 后加入 2 mL 饱和碳酸钠溶液,充分混合,3 h 后于 710 nm 测定吸光值。用 1%(W/V)间苯三酚标准液按上述方法做出标准曲线,样品测得的 710 nm 处吸光值代入标准曲线公式中即可求得褐藻多酚含量。

Folin-Denis 试剂为磷酸钨铝复合物:将 20 g 钨酸钠,80 g 磷钨酸钠,50 mL (85%, V/V) 磷酸溶液及 750 mL 水混合,加热回流 2 h,冷却后加水定容

至 1 L。

## 2 结果与分析

### 2.1 3 种马尾藻的一般组成含量

已报道的海藻中蛋白质含量一般在 20% 以下<sup>[10]</sup>,从表 1 可以看出,本试验中 3 种海藻的粗蛋白含量为 14.1%~19.1%,高于海带(6.4%)<sup>[10]</sup>;其中,鼠尾藻与海黍子中粗蛋白含量比较高,与羊栖菜(15.3%)及裙带菜(17.2%)的粗蛋白含量<sup>[8]</sup>接近,而铜藻中粗蛋白含量在 3 种海藻中最低。另外,鼠尾藻与海黍子的粗纤维含量相对低于铜藻;3 种海藻的脂肪含量都比较低。总体上来说,海黍子与鼠尾藻的基本营养成分组成比较接近。

粗纤维仅包含部分纤维素、半纤维素、木质素及少量含氮化合物,而膳食纤维包含纤维素、半纤维素、戊聚糖、木质素、果胶、树胶等,因此膳食纤维比粗纤维更能客观、准确地反映食物的可利用率。鼠尾藻、铜藻的不溶性膳食纤维含量比较高,可作为强化纤维配方食品的添加剂。另外,受实验条件限制,我们只测定 3 种海藻中维生素 B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub> 的含量,结果显示 3 种海藻中维生素 B<sub>2</sub> 的含量较高(表 1)。

### 2.2 蛋白质的氨基酸组成及含量

由表 2 可知,马尾藻含有 17 种氨基酸,缺少色氨酸。鼠尾藻、海黍子、铜藻氨基酸总量分别是 16.5 g/100 g、15.4 g/100 g、16.95 g/100 g,必需氨基酸含量分别是 5.27 g/100 g、5.70 g/100 g、5.30 g/100 g;必需氨基酸占总氨基酸量的比例分别为 31.9%、37.0%、31.3%。WHO 推荐的理想蛋白质模式是必需氨基酸占总氨基酸的 40% 左右,海黍子的氨基酸组成比较接近这一要求。

表 1 3 种马尾藻的主要成分组成

Table 1 The primary composing components of three kinds of *Sargassum*

样品 Sample	粗蛋白 Crude protein (g/100 g dry weight)	粗脂肪 Crude fat (g/100 g dry weight)	粗纤维 Crude fiber (g/100 g dry weight)	不溶性膳食纤维 Insoluble fietyary fibre (g/100 g dry weight)	灰分 Ash (g/100 g dry weight)	维生素 B <sub>1</sub> Vitamin B <sub>1</sub> (μg/g)	维生素 B <sub>2</sub> Vitamin B <sub>2</sub> (μg/g)
鼠尾藻 <i>S. thunbergii</i>	19.1	2.3	5.4	19.6	27.0	0.22	4.2
海黍子 <i>S. muticum</i>	19.3	2.5	6.2	14.7	25.9	0.33	5.7
铜藻 <i>S. horneri</i>	14.4	1.8	9.6	18.5	24.8	0.22	2.8

表2 3种马尾藻蛋白质的氨基酸组成及含量(g/100 g)

Table 2 Amino acid compositions in the three kinds of *Sargassum* (g/100 g)

样品 Sample	氨基酸 Amino acids									
	天门冬氨酸 Asp	苏氨酸* Thr	丝氨酸 Ser	谷氨酸 Glu	脯氨酸 Pro	甘氨酸 Gly	丙氨酸 Ala	胱氨酸* Cys	缬氨酸* Val	蛋氨酸* Met
鼠尾藻 <i>S. thunbergii</i>	1.37	0.59	0.54	5.36	0.59	0.66	1.88	0.55	0.72	0.20
海黍子 <i>S. muticum</i>	1.26	0.53	0.49	4.59	0.74	0.66	1.13	1.13	0.74	0.19
铜藻 <i>S. horneri</i>	1.41	0.65	0.59	1.58	0.58	0.76	0.85	0.02	0.82	0.24

  

样品 Sample	氨基酸 Amino acids									
	异亮氨酸* Ile	亮氨酸* Leu	酪氨酸* Tyr	苯丙氨酸* Phe	赖氨酸* Lys	组氨酸 His	精氨酸 Arg	氨基酸总量 Total amino acids	必需氨基酸 Essential amino acids	
鼠尾藻 <i>S. thunbergii</i>	0.58	0.94	0.39	0.64	0.66	0.22	0.61	16.5	5.27	
海黍子 <i>S. muticum</i>	0.58	0.97	0.30	0.60	0.66	0.22	0.61	15.40	5.70	
铜藻 <i>S. horneri</i>	0.69	1.12	0.35	0.71	0.70	0.21	0.67	16.95	5.30	

注: \* 必需氨基酸

Note: \* essential amino acids

### 2.3 微量元素及维生素含量

海藻中含有海水中所有的无机元素,其中 K、Na、Mg、Ca、Cl 含量很高,是无机元素的宝库,这些无机元素在人体内参与生命过程,起着非常重要的作用。海藻有将海水中元素浓缩的能力,比如铁在海水中含量一般为 0.01 mg/kg,而本试验所测得的 3 种马尾藻铁含量为 110~426 mg/kg。从表 3 可以看出,3 种海藻的微量元素含量比较丰富,特别是铁的含量远高于海带(39 mg/kg)<sup>[11]</sup>,但低于报道的亨氏马尾藻(500 mg/kg);硒的含量比亨氏马尾藻高(30 μg/kg)<sup>[7]</sup>。

表3 3种马尾藻的微量元素及维生素含量

Table 3 The trace elements and vitamin B content of the three kinds of *Sargassum*

样品 Sample	铜 Cu (mg/kg)	铁 Fe (mg/kg)	锌 Zn (mg/kg)	硒 Se (μg/kg)	维生素 Vitamine B <sub>1</sub> (μg/g)	维生素 Vitamine B <sub>2</sub> (μg/g)
鼠尾藻 <i>S. thunbergii</i>	6.8	132	36	410	0.22	4.2
海黍子 <i>S. muticum</i>	14.9	110	26	300	0.33	5.7
铜藻 <i>S. horneri</i>	11.7	426	30	369	0.22	2.8

### 2.4 褐藻多糖的含量

褐藻多糖主要分为细胞间质多糖及细胞内贮藏多糖,褐藻间质多糖包括褐藻胶及硫酸多糖,细胞内贮藏多糖多为淀粉类物质。

本试验海藻中褐藻胶含量为 12.4%~26.2%,其中鼠尾藻的褐藻胶含量最高,鼠尾藻及铜藻中的褐藻胶含量与海带褐藻胶含量(24.5%)<sup>[11]</sup>接近(表

4)。从马尾藻提取的褐藻胶与从海带中提取的褐藻胶在分子量、凝胶强度等特征上有很大的差异,用途不尽相同,目前从马尾藻提取的褐藻胶在市场上比较紧缺。褐藻淀粉是褐藻细胞内储存多糖,在所测 3 种马尾藻中,其含量都很低(表 4)。

表4 3种马尾藻中的褐藻胶与褐藻淀粉含量(%)

Table 4 The alginate and laminaran content of the three kinds of *Sargassum* (%)

样品 Sample	褐藻胶 Alginate	褐藻淀粉 Laminaran
鼠尾藻 <i>S. thunbergii</i>	26.2±2.5	0.21
海黍子 <i>S. muticum</i>	12.4±1.8	0.38
铜藻 <i>S. horneri</i>	22.1±2.2	0.04

比较发现,铜藻的岩藻聚糖硫酸酯含量最高,其次是海黍子,鼠尾藻含量最低。从岩藻聚糖硫酸酯的单糖组成(表 5)中可以看出,海黍子和铜藻中的岩藻糖含量最高,达到 27% 以上,而鼠尾藻中的岩藻糖含量比较低;鼠尾藻中甘露糖含量最高。同时,海藻岩藻聚糖硫酸酯中还含有微量的葡萄糖醛酸、氨基葡萄糖、鼠李糖、葡萄糖和木糖。

### 2.5 其他活性成分含量

从表 6 可以看出,铜藻中岩藻黄素含量比较高,达到 0.74 mg/g,比文献中报道的海带岩藻黄素(0.556 mg/g)高,比裙带菜岩藻黄素(1.21 mg/g)低。鼠尾藻及海黍子的褐藻多酚含量比较高。3 种海藻的甘露醇含量接近,均比海带的甘露醇含量(7% 以上)<sup>[12]</sup>低。

表 5 3种海藻的岩藻聚糖硫酸酯的单糖组成(%)

Table 5 The monosaccharide composition of fucose-containing sulfated polysaccharides of the three kinds of *Sargassum*(%)

样品 Sample	单糖 Monosaccharide composition							
	甘露糖 Mannose	氨基葡萄糖 Glucosamine	鼠李糖 Rhamnose	葡萄糖醛酸 Glucuronic acid	葡萄糖 Glucose	半乳糖 Galactose	木糖 Xylose	岩藻糖 Fucose
鼠尾藻 <i>S. thunbergii</i>	36.6	0.9	1.1	10.3	2.7	17.8	6.6	24.2
海黍子 <i>S. muticum</i>	21.20	1.10	1.30	7.10	6.55	30.95	2.50	29.20
铜藻 <i>S. horneri</i>	29.1	1.1	2.5	8.2	3.6	25.9	2.1	27.5

表 6 3种马尾藻中活性成分含量

Table 6 The active component contents of the three kinds of *Sargassum*

样品 Sample	岩藻黄素 Fucoxanthin (mg/g)	褐藻多酚 Polyphenol (mg/g)	甘露醇 Mannite (%)
鼠尾藻 <i>S. thunbergii</i>	0.45±0.05	6.48±1.02	0.44
海黍子 <i>S. muticum</i>	0.26±0.05	5.33±0.58	0.45
铜藻 <i>S. horneri</i>	0.74±0.01	1.34±0.02	0.43

### 3 结论

鼠尾藻及铜藻的褐藻胶、岩藻黄素及不溶性膳食纤维含量高。海黍子氨基酸组成比较接近 WHO 推荐的理想蛋白质模式,可作为强化纤维配方食品的添加剂;海黍子中褐藻多酚及岩藻糖含量较高,是功能活性成分优良的海藻,可作为功能活性成分提取的原料,广泛应用于医药上。

#### 参考文献:

[1] 丁刚,吴海一,辛美丽,等. 水动力条件对鼠尾藻幼苗生长的影响[J]. 广西科学院学报,2015,31(4):233-238.  
DING G, WU H Y, XIN M L, et al. effects of hydrodynamic conditions on growth of *Sargassum thunbergii* seeding and content chlorophyll-a[J]. Journal of Guangxi Academy of Sciences, 2015, 31(4): 233-238.

[2] 刘玮,丁刚,吴海一,等. 鼠尾藻群体的有性生殖力影响因素研究[J]. 广西科学院学报,2015,31(4):239-242.  
LIU W, DING G, WU H Y, et al. Fertility analysis of *Sargassum thunbergii* population[J]. Journal of Guangxi Academy of Sciences, 2015, 31(4): 239-242.

[3] 范晓,严小军. 海藻化学研究与展望[J]. 海洋科学, 1996(2):24-25.  
FAN X, YAN X J. Research aspects of marine algal chemistry[J]. Marine Science, 1996(2): 24-25.

[4] YAN X, LI X, ZHOU C, et al. Prevention of fish oil rancidity by phlorotannins from *Sargassum kjellmanianum* [J]. J Appl Phycol, 1996, 8(3): 201-203.

[5] 陶平,贺风伟. 大连沿海3种大型速生海藻的营养组成分析[J]. 中国水产科学, 2001, 7(4): 60-63.

TAO P, HE F W. An analysis of nutrient components in 3 kinds of quickly-growing big seaweeds along Dalian coastal waters[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2001, 7(4): 60-63.

[6] 罗先群,王新广,杨振斌. 马尾藻的营养成分测定及多糖的提取[J]. 化学与生物工程, 2007, 24(4): 64-66.  
LUO X Q, WANG X G, YANG Z B. Determination of nutritive composition and extraction of polysaccharides in *Sargassum* [J]. Chemistry & Bioengineering, 2007, 24(4): 64-66.

[7] 谌素华,王维民,刘辉,等. 亨氏马尾藻化学成分分析及其营养学评价[J]. 食品研究与开发, 2010, 31(5): 154-156.  
CHEN S H, WANG W M, LIU H, et al. Chemical constituents in *Sargassum henslowianum* and its nutrition evaluation [J]. Food Research and Development, 2010, 31(5): 154-156.

[8] 戴志远,洪泳平,张燕平,等. 羊栖菜的营养成分分析与评价[J]. 水产学报, 2002, 26(4): 382-384.  
DAI Z Y, HONG Y P, ZHANG Y P, et al. Evaluation on nutritional components of *Sargassum fusiforme* [J]. Journal of Fisheries of China, 2002, 26(4): 382-384.

[9] 尚德荣,宁劲松,赵艳芳,等. 海带中褐藻胶含量测定方法的建立[J]. 食品安全与检测, 2011, 36(8): 252-254.  
SHANG D R, NING J S, ZHAO Y F, et al. Establishment of the determination on kelp alginate[J]. Food Science and Technology, 2011, 36(8): 252-254.

[10] 沈月新. 水产食品学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2001: 130-131.  
SHEN Y X. Aquatic Bromatology[M]. Beijing: China Agriculture Publishing House, 2001: 130-131.

[11] 曾呈奎,陆宝仁. 墨角藻目[M]. 北京: 科学出版社, 1983: 212-213.  
ZENG C K, LU B R. Fucaceae[M]. Beijing: Science Publishing House, 1983: 212-213.

[12] 盛晓风,赵艳芳,尚德荣,等. 海带不同生长时期营养成分和主要元素差异比较[J]. 食品科技, 2011, 36(12): 66-68.  
SHENG X F, ZHAO Y F, SHANG D R, et al. Differences in the major nutrition constituents and major elements in the kelp of different growing stages [J]. Food Science and Technology, 2011, 36(12): 66-68.

(责任编辑:米慧芝)