

围氏马尾藻的营养化学成分及评价

彭燕^{1*}, 陈思¹, 肖生鸿¹, 陈华絮¹, 谢恩义²

¹岭南师范学院生命科学与技术学院, 湛江 524048; ² 广东海洋大学水产学院, 湛江 524088

摘要: 探寻围氏马尾藻的主要营养成分和多糖成分, 为其开发利用提供理论基础。运用营养分析方法分析表明围氏马尾藻的矿质元素含量丰富, 粗脂肪、蛋白质、碳水化合物分别为其干重的 1.44%、11.78% 和 41.61%, 总氨基酸的含量为 6.63 g/100 g, 必需氨基酸占氨基酸总量的 45%, 必需氨基酸与非必需氨基酸的比值是 0.81, 第一限制氨基酸为蛋氨酸 + 胱氨酸, 第二限制氨基酸为赖氨酸, 必需氨基酸指数为 96, 维生素 B₂ 和 β-胡萝卜素分别为 102 μg/100 g 和 11.4 μg/100 g。热水回流法提取围氏马尾藻多糖, 脱蛋白后经醇沉及有机溶剂洗涤得到精制多糖, 红外光谱分析显示多糖含有糖醛酸和硫酸酯基。综上, 围氏马尾藻具有较高的营养价值, 是一种高蛋白、低脂肪且富含矿物质和硫酸酯多糖的大型经济海藻, 具有较大的开发潜力和市场前景。

关键词: 围氏马尾藻; 营养成分; 化学成分; 多糖; 评价

中图分类号: Q501

文献标识码: A

DOI: 10.16333/j.1001-6880.2017.2.012

Chemical Composition and Nutritional Evaluation of *Sargassum wightii*

PENG Yan^{1*}, CHEN Si¹, XIAO Sheng-hong¹, CHEN Hua-xu¹, XIE En-yi²

¹Life Science & Technology School, Lingnan Normal University, Zhanjiang 524048, China;

²Fisheries College, Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524088, China

Abstract: The objective of this study was to explore the main nutritional composition and polysaccharides of *Sargassum wightii*, and to provide a theoretical basis for exploiting and utilizing the natural resource of *S. wightii*. By using nutritional analysis method, the seaweed *S. wightii* was proved to have abundant content of mineral elements and 1.44% fat, 11.78% protein, as well as 41.61% carbohydrates. The total amino acid content was 6.63 g/100 g which included 45% of essential amino acids, and the proportion of essential amino acid to non-essential amino acid was 0.81. Methionine and Cystine were determined to be the first limiting amino acid, and Lysine was the second limiting amino acid, and the essential amino index was 96 for *S. wightii*. Meanwhile, vitamin B₂ and beta-carotene were also detected in *S. wightii*, whose contents were 102 μg/100 g, 11.4 μg/100 g, respectively. In addition, the crude polysaccharide was extracted from *S. wightii* by hot-water, followed by being refined by Sevage deproteinization method combining ethanol precipitation method and organic solvent cleaning method. The IR spectrum analysis indicated that refined polysaccharide contains uronic acid and sulphated ester groups. The above results showed that *S. wightii* was a kind of seaweed with high nutritional value, which may provide high protein, low fat and sulfated ester polysaccharide for health foods, and had important economic value and broad market prospect.

Key words: *Sargassum wightii*; chemical constituents; nutritional composition; polysaccharides; evaluation

围氏马尾藻 (*Sargassum wightii*), 隶属于褐藻门 (Phaeophyta) 墨角藻目 (Fucales) 马尾藻科 (Sargassaceae) 马尾藻属 (*Sargassum*), 最高可达 200 cm 以上, 藻体褐色, 雌雄同株, 生长在低潮带和潮下带岩石上, 在中国主要分布于南海北区和南区^[1], 资源

丰富, 而且目前该藻已在湛江特呈岛成功养殖, 尚待开发利用。

迄今为止, 关于马尾藻属的许多种类如鹼洲马尾藻^[2,3]、亨氏马尾藻^[4,6]、羊栖菜^[7]、鼠尾藻^[8,9]、半叶马尾藻^[10]等海藻的化学成分及生物活性研究报道较多, 而关于围氏马尾藻的研究报道仅有谌素华^[11]和谢恩义^[12]分别在 2015 年和 2012 年对马尾藻多糖降血脂和马尾藻中重金属分布的报道中有所提及。加之褐藻多含硫酸酯多糖, 而硫酸酯多糖与细胞表面上的糖胺聚糖类似, 带有负电荷, 可以中和

收稿日期: 2016-09-01 接受日期: 2016-11-30

基金项目: 2014 年度广东省基础与应用基础研究专项 (2014A030307036); 2013 年度湛江市财政资金科技专项竞争性分配项目 (2013A01024); 2013 年湛江师范学院人才引进专项 (2L1312)

* 通讯作者 Tel: 86-018211242533; E-mail: py00_2006@126.com

病毒包膜上识别宿主细胞表面受体糖蛋白上的正电荷而阻止病毒与细胞结合,是潜在的抗病毒剂,目前已成为褐藻研究的一个热点^[13,14]。因此,为了开发利用我国丰富的围氏马尾藻资源,本文拟对围氏马尾藻的营养化学成分进行分析研究,并对其进行营养、药用功能评价,为其开发利用提供重要的理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

722s 可见分光光度计(上海精密科学仪器有限公司);JY2502 分析天平、DK-S24 型电热恒温水浴锅、GZX-9240MBE 数显鼓风干燥箱(上海博讯实业有限公司);SX2-4-10 箱式电阻炉(上海实验仪器厂有限公司);KBN-F 自动凯氏定氮仪(上海纤检仪器有限公司);835-50 高速氨基酸自动分析仪(日本 Hitach);7890A 气相色谱仪(Agilent Technology);I-RIS Advantage 全谱直读等离子体发射光谱仪(美国 Thermo);LS45 荧光分光光度计(美国 PE 公司);1100 系列高效液相色谱仪(美国 Agilent 公司);Nicolet 6700 型傅里叶变换红外光谱仪(日本岛津);EYELAN-1001 型旋转蒸发仪(上海爱郎仪器有限公司);TZ87-132 全波长自动扫描分光光度计(白山市玖久仪器仪表有限公司)。

围氏马尾藻:2014 年 10 月采于湛江市特呈岛,经广东海洋大学水产学院谢恩义教授鉴定为马尾藻属围氏马尾藻 *Sargassum wightii*,样品经清水洗去其表面泥沙和附生物后,风干粉碎待用,样本(S20141011)存放于岭南师范学院生命科学与技术学院边缘热带特色植物资源工程技术开发中心标本室。

1.2 分析方法

1.2.1 一般营养成分的测定^[15]

水分:常压干燥法;灰分:550 °C 干法灰化法;总糖:蒽酮比色法;粗蛋白:微量凯氏定氮法;粗脂肪:索氏抽提法;碳水化合物:减差法,即 1-(水分含量 + 粗蛋白含量 + 粗脂肪含量 + 灰分含量)。

1.2.2 蛋白质氨基酸组成的测定^[2]

样品经 6 mol/L HCl 溶液水解后,采用日立 835-50 型高速氨基酸自动分析仪测定 17 种氨基酸;另取样品经 5 mol/L NaOH 溶液水解,同机测定色氨酸。

1.2.3 脂肪酸组成的测定

采用 GB/T 17377—2008 相关国家标准测定^[16]。样品甲酯化:将 0.5 g 粗脂肪放入一具塞试管中,加入 2 mL 0.5 mol/L KOH-甲醇溶液和正己烷,室温下震荡 30 min,向混合物中加入少量饱和食盐水,静置 2 min,取上清液进行气相色谱分析。

气相色谱条件:色谱柱 HP-88(60 m × 0.25 mm × 0.20 μm);色谱柱升温程序:初始温度 40 °C,持续 3 min,以 15 °C/min 升至 120 °C,再以 5 °C/min 升至 160 °C,以 15 °C/min 升至 240 °C 后保持 3 min;进样口温度 250 °C。FID 检测器;载气为氮气;分流进样,分流比 50:1,进样体积为 1.0 μL。

1.2.4 维生素的测定

VB₁、VB₂、β-胡萝卜素:高效液相法^[17];VE:荧光法^[15]。

1.2.5 矿质元素的测定

样品经消化后,采用 IRIS Advantage 全谱直读等离子体发射光谱仪测定样品中的矿质元素。

1.2.6 氨基酸质量评价

根据 FAO/WHO 1973 年建议的氨基酸模式,将分析的结果进行计算,得氨基酸价^[18]和必需氨基酸指数 EAAI^[19]。

氨基酸价 = [样品蛋白中必需氨基酸含量(mg/g protein)/标准蛋白质(FAO/WHO 模式)中同种必需氨基酸含量(mg/g protein)] × 100

$EAAI = (\text{苏氨酸}^t/\text{苏氨酸}^s \times \text{缬氨酸}^t/\text{缬氨酸}^s \dots \text{赖氨酸}^t/\text{赖氨酸}^s)^{1/n}$

式中: n 为比较的氨基酸数; t 为实验蛋白质的必需氨基酸含量(mg/g); s 为标准蛋白质中相应必需氨基酸的含量(mg/g)。

1.2.7 围氏马尾藻多糖的制备

将围氏马尾藻干粉置于索氏提取器中,经石油醚(沸点 60 ~ 90 °C)回流除去色素,再用 80% 乙醇回流除去单糖、低聚糖、苷类、生物碱等成分,药渣挥干溶剂。取预处理后的干粉 20 g,按料液比 1:20 (g/mL)加入蒸馏水,80 °C 回流提取 2 次,合并提取液,减压浓缩成 50 ~ 100 mL,以 Sevag 法除蛋白直至全波长紫外扫描 280 nm 处无明显吸收峰,再以 6 倍体积无水乙醇 4 °C 沉淀过夜,沉淀即为围氏马尾藻多糖,然后分别依次用 95% 乙醇、无水乙醇、丙酮反复洗涤沉淀得到围氏马尾藻精制多糖。

1.2.8 围氏马尾藻多糖的 IR 分析

取 1 mg 精制多糖与 200 mg 干燥的 KBr 混匀,

在玛瑙研钵中研磨 5 ~ 10 min, 混合压膜, 测定波数在 4000 ~ 400 cm^{-1} 的红外光谱。

2 结果与分析

2.1 围氏马尾藻的一般营养成分

由表 1 可知, 围氏马尾藻的主要成分是灰分、碳水化合物和蛋白质, 三者共占藻体干重的 98.55%,

其中蛋白质的含量为 11.78% (干基), 高于海带 (8.70%)^[20]; 灰分含量为 45.16% (干基), 远高于海带 (20%)^[20]。此外, 围氏马尾藻脂肪含量较低, 为 1.44% (干基), 比海带的略高 (0.2%)^[20]。由此可见, 围氏马尾藻是一种蛋白质和灰分含量均高于海带的一种低脂大型褐藻, 可作为良好的蛋白来源及矿物质补充剂, 值得进一步开发研究。

表 1 围氏马尾藻的一般营养成分 (%)

Table 1 Main nutrients of *S. wightii* (%)

水分 Water	粗蛋白 Protein	粗脂肪 Fat	灰分 Ash	总糖 Total water-soluble carbohydrate	总碳水化合物 Total carbohydrate
19.76	9.45	1.16	36.24	2.03	33.39
	(11.78)*	(1.44)*	(45.16)*	(2.53)*	(41.61)*

注: * 括号内为干基。

Note: * data within brackets was on the dry basis.

2.2 围氏马尾藻的氨基酸组成及评价

蛋白质的氨基酸价如图 1 所示。

围氏马尾藻的氨基酸含量及构成如表 2 所示,

表 2 围氏马尾藻的氨基酸组成

Table 2 Composition and ratio of amino acids of *S. wightii*

氨基酸种类 Amino acid	代号 Code	含量 Content (g/100 g)	氨基酸百分率 Amino acid ratio (%)
天门冬氨酸 Aspartic acid	Asp	0.75	11.3
苏氨酸 Threonine *	Thr	0.34	5.12
丝氨酸 Serine	Ser	0.27	4.07
谷氨酸 Glutamic acid	Glu	0.91	13.72
甘氨酸 Glycine	Gly	0.42	6.33
丙氨酸 Alanine	Ala	0.44	6.64
胱氨酸 Cystine	Cys	0.03	0.45
缬氨酸 Valine *	Val	0.44	6.64
蛋氨酸 Methionine *	Met	0.17	2.56
异亮氨酸 Isoleucine *	Ile	0.37	5.58
亮氨酸 Leucine *	Leu	0.58	8.75
酪氨酸 Tyrosine	Tyr	0.21	3.17
色氨酸 Tryptophan *	Trp	0.22	3.32
苯丙氨酸 Phenylalanine *	Phe	0.39	5.88
赖氨酸 Lysine *	Lys	0.35	5.28
组氨酸 Histidine	His	0.11	1.66
精氨酸 Arginine	Arg	0.36	5.43
脯氨酸 Proline	Pro	0.27	4.07
氨基酸总量 Total amino acid	TAA	6.63	
必需氨基酸 Essential amino acid	EAA	2.97	
必需氨基酸/总氨基酸 Essential amino acid/Total amino acid	EAA/TAA	0.45	
必需氨基酸/非必需氨基酸 Essential/Non-essential	EAA/NEAA	0.81	

注: * 必需氨基酸。

Note: * essential amino acid.

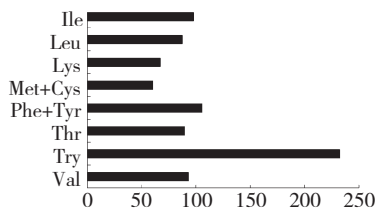


图1 围氏马尾藻蛋白质的氨基酸价

Fig. 1 Amino acid score of protein from *S. wightii*

由表2可知,围氏马尾藻蛋白质含有18种氨基酸,包括人体必需的8种必需氨基酸,含量最高的是谷氨酸,其次是天门冬氨酸,谷氨酸对保护肝脏、治疗胃病、调节神经衰弱具有良好功效^[21],天门冬氨酸对降低血压、保护心脏具有良好疗效^[21];每100g围氏马尾藻干品中,总氨基酸含量为6.63g,必需氨基酸占总氨基酸的百分比为45%,必需氨基酸与非必需氨基酸的比例为0.81。根据FAO/WHO推荐的理想模式:质量较好的蛋白质其氨基酸组成EAA/TAA在40%左右,EAA/NEAA在0.6以上^[18]。本研究结果显示,围氏马尾藻的EAA/TAA大于40%,EAA/NEAA在0.60以上,蛋白质氨基酸组成符合FAO/WHO提出的理想蛋白模式,蛋白质质量好,营养价值高,属优质蛋白。

按照FAO/WHO的标准,围氏马尾藻的EAAI为96.00,说明此藻中必需氨基酸均衡性好,相互比例适宜,易于消化吸收和被机体利用,围氏马尾藻良好的蛋白来源。此外,图1表明,围氏马尾藻蛋白质的氨基酸价为60.45,第一、二限制氨基酸分别是蛋氨酸+胱氨酸、赖氨酸,可见,围氏马尾藻氨基酸模式与人体存在一定差异,开发利用时需要给予一定补充,才能提高其利用率。

表4 围氏马尾藻的主要矿物质含量

Table 4 Mineral contents of *S. wightii*

矿物质元素 Mineral element	钾 K	钠 Na	钙 Ca	磷 P	铁 Fe	锌 Zn	铜 Cu	锰 Mn
含量 Content (mg/g)	78.1	34.0	11.1	2.06	0.454	0.191	0.0033	0.0924

由表4可以看出,围氏马尾藻含有多种矿物质元素,包括钾、钠、钙、磷等常量元素和铁、锌、铜、锰等微量元素。其中钾元素含量最高,其次为钠、钙、磷,并且Na/K为0.44,小于1.5,是理想的比值,不易引起高血压^[22];微量元素中,含量最高的是铁和锌,其次为铜和锰,根据Hill & Matron所提出的锌铁拮抗作用理论^[23],Zn/Fe为0.42,小于1,是理想的。

2.3 围氏马尾藻的脂肪酸组成

海藻脂肪含量虽然较低,但含有多种脂肪酸^[2,4],本实验采用气相色谱仪对围氏马尾藻的脂肪酸进行了检测,结果见表3所示。

表3 围氏马尾藻的脂肪酸组成

Table 3 Content of fatty acids of *S. wightii*

脂肪酸 Fatty acids	含量 Content (%)
丁酸 Butyric acid	2.8
己酸 Caproic acid	2.1
辛酸 Octanoic acid	1.6
癸酸 Capric acid	3.2
月桂酸 Lauric acid	4.8
肉豆蔻酸 Myristic acid	19.8
棕榈酸 Palmitic acid	42.9
硬脂酸 Stearic acid	8.7
油酸 Oleic acid	10.9

由表3可知,围氏马尾藻的脂肪酸种类较多,依据GB/T 17377-2008/ISO 5508:1990标准,利用气相色谱仪共检测出9种脂肪酸,主要包括棕榈酸、肉豆蔻酸和油酸;利用峰面积归一化法计算各脂肪酸的百分含量,其中饱和脂肪酸占总脂肪酸的85.9%,油酸为总饱和脂肪酸的10.9%。至于EPA和DHA等其它可能存在于海藻中的不饱和脂肪酸是否存在于围氏马尾藻中将有待于通过其它分析方法进一步深入探索。

2.4 矿物质

围氏马尾藻的矿质元素组成及含量如表4所示。

另外,与海带相比,钾和磷的含量与海带相当^[20],钙、铁、锌、铜、锰等的含量远远超过海带^[20]。可见,围氏马尾藻可作为矿物质补充剂的良好原料,值得开发研究。

2.5 维生素

对围氏马尾藻的维生素进行了测定,结果显示围氏马尾藻干品中仅含有维生素B₂和β-胡萝卜素,

其含量分别为 102 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 和 11.4 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 。 B_2 是体内多种氧化酶的活性辅基,具有促进糖类、脂肪、蛋白质的代谢,以及维持皮肤、粘膜和视觉的正常功能^[24]; β -胡萝卜素是维生素 A 的前体,具有抗氧化、抗癌、抗心血管病、抗白内障、抗老年性痴呆症等多种功能^[24],可作为药品和功能性添加剂。

2.6 围氏马尾藻多糖的红外光谱分析

围氏马尾藻多糖的红外光谱如图 2 所示,图 2 显示出糖类典型的特征吸收峰:3421.47 cm^{-1} 处的强吸收宽峰为多糖分子内和分子间氢键上 O-H 的特征吸收峰,2930.25 cm^{-1} 处的吸收峰为糖环上的 C-H 伸缩振动吸收峰,1624.08 和 1413.22 cm^{-1} 处的吸收峰分别为糖醛酸羧基中 C=O 的非对称和对称伸缩振动吸收峰。此外,1252.59 cm^{-1} 处的吸收峰是-O-SO₃-基团中的 S=O 对称伸缩振动吸收峰,822.78 cm^{-1} 处的吸收峰为甘露糖醛酸的特征吸收峰。因此,围氏马尾藻多糖为一含有硫酸酯基的甘露糖醛酸多糖。由于硫酸酯多糖带有负电荷,可以中和病毒包膜上识别宿主细胞表面受体糖蛋白上的正电荷而阻止病毒与细胞的结合^[13,14],是潜在的抗病毒剂。由此推测围氏马尾藻多糖也具有一定的抗病毒活性,其抗病毒活性、抗病毒谱及构效关系将有待于进一步深入研究。

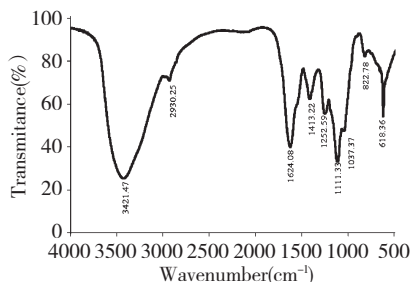


图 2 围氏马尾藻多糖的红外光谱图

Fig. 2 The infrared spectrum of water-soluble polysaccharides from *S. wightii*

3 结论

本实验首次探索围氏马尾藻的营养化学成分,利用营养分析方法分析表明:围氏马尾藻的矿质元素含量丰富,Na/K 比(0.42)小于 1.5,不易引起高血压,Zn/Fe 比(0.42)小于 1,是理想的;粗脂肪、蛋白质、碳水化合物的含量分别为 1.44%、11.78% 和 41.61%,总氨基酸的含量为 6.63 $\text{g}/100\text{ g}$,必需氨基酸占氨基酸总量的 45%,必需氨基酸与非必需氨

基酸的比值是 0.81,第一限制氨基酸为蛋氨酸 + 胱氨酸,第二限制氨基酸为赖氨酸,必需氨基酸指数为 96,维生素 B_2 和 β -胡萝卜素分别为 102 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 和 11.4 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 。从营养角度看,围氏马尾藻具有高蛋白、低脂肪、高碳水化合物、矿质元素含量丰富、蛋白质质量较好、必需氨基酸含量较高、氨基酸结构不平衡等特点,具有较高的营养价值和食用开发潜力,可用以开发营养保健品和营养补充剂,如果开发相关围氏马尾藻的蛋白营养品,可添加其限制性氨基酸 - 蛋氨酸 + 胱氨酸、赖氨酸,进而大大提高营养品的质量和效果。

此外,利用热水回流法提取围氏马尾藻多糖,经脱蛋白、乙醇沉淀及有机溶剂洗涤得到精制多糖,再经红外分析发现马尾藻多糖的结构中含有糖醛酸和硫酸酯基,由此说明围氏马尾藻多糖为硫酸酯多糖。硫酸酯多糖因带负电荷,可以中和病毒包膜上识别宿主细胞表面受体糖蛋白上的正电荷而阻止病毒与细胞结合,是潜在的抗病毒剂,也是褐藻研究的一个热点,因此,围氏马尾藻多糖可能也具有一定的抗病毒活性,其抗病毒活性、抗病毒谱及分子结构的单糖组成、单糖的连接类型和结构、糖醛酸种类、硫酸酯含量、构效关系等性质特征还将有待更多的实验来验证。

综上所述,围氏马尾藻的深度开发(如食用、保健、药用等)具有重要的经济价值和广阔的市场前景,有待于进一步深入研究。

参考文献

- Huang BX (黄冰心), Ding LP (丁兰平), Tan HQ (谭华强), et al. Species diversity and distribution of genus *Sargassum* in China seas. *Oceanol Limnol* (海洋与湖沼), 2013, 44:69-76.
- Peng Y, Xie E, Zheng K, et al. Nutritional and chemical composition and antiviral activity of cultivated seaweed *Sargassum naozhouense* Tseng et Lu. *Mar Drugs*, 2013, 11:20-30.
- Peng Y (彭燕), Cao WH (曹文浩), Lin XP (林秀萍), et al. Chemical constituents of seaweed *Sargassum naozhouense*. *J Chin Med Mater* (中药材), 2014, 37:2210-2212.
- Chen SH (湛素华), Wang WM (王维民), Liu H (刘辉), et al. Chemical constituents in *Sargassum henslowianum* and its nutrition evaluation. *Food Res Dev* (食品研究与开发), 2010, 31:154-156.
- Wu H (吴慧), Lu HY (卢虹玉), Li MT (李梅婷), et al. Antioxidant properties of ethanol extract and its different sol-

- vent fractions from *Sargassum henslowianum*. *Sci Tech Food Ind* (食品工业科技), 2016, 37: 171-193.
- 6 Lu RC (卢睿春), Hou ZJ (侯振建), Liu WQ (刘婉乔). Researches on antitumor activity of Sargassum extracted from *Sargassum heslowianum*. *Mar Sci* (海洋科学), 1998: 63-64.
 - 7 Xie HJ (谢何杰), Ye HX (叶慧娟), Shen T (沈婷), et al. Advance in studies on the chemical compositions and pharmacological activity from *Sargassum fusiforme*. *J Zhejiang Agric Sci* (浙江农业科学), 2014: 487-491.
 - 8 Jiang Q (江茜), Liu D (刘东), Yang JB (杨加波), et al. Chemical constituents from marine alga *Sargassum thunbergii*. *Chin Pharm J* (中国药学杂志), 2012, 47: 948-952.
 - 9 Qin ML (秦铭俐), Li XM (李晓明), Yin SW (殷帅文), et al. Chemical constituents from *Sargassum thunbergii*. *Mar Sci* (海洋科学), 2007, 31: 47-50.
 - 10 Chen RZ (陈润智). Study on the chemical compositions and bioactivities of marine alga *Sargassum hemiphyllum*. Guangzhou: Jinan University (暨南大学), MSc. 2006.
 - 11 Chen SH (谌素华), Wang WM (王维民), Cai L (蔡璐), et al. Anti-lipoperoxidation effects of Sargassum fucoidans in hyperlipidemic mice. *Mod Food Sci Technol* (现代食品科技), 2015, 31: 38-44.
 - 12 Liu JF (刘加飞), Xie EY (谢恩义), Sun SL (孙省利), et al. Analysis of content and accumulation of heavy metal elements from Sargassum in Zhanjiang coastal waters. *Ocean Dev Manag* (海洋开发与管理), 2012: 71-75.
 - 13 Raposo MFJ, de Morais RMSC, de Morais AMMB. Bioactivity and application of sulphated polysaccharides from marine microalgae. *Mar Drugs*, 2013, 11: 233-252.
 - 14 Saifuding A (赛福丁·阿不拉), Wang JM (王君敏), Mikereemu S (米克热木·沙衣布扎提). Progress on antivirus and immune enhancement activities of polysaccharides and sulfated derivatives. *Nat Prod Res Dev* (天然产物研究与开发), 2013, 25: 572-575.
 - 15 Dalian Institute of Light Industry (大连轻工业学院), South China University of Technology (华南理工大学), South China Agriculture University (华南农业大学), et al. Food Analysis (食品分析). Beijing: China Light Industry Press, 1998. 73-223.
 - 16 General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China (中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局), Standardization Administration of the People's Republic of China (中国国家标准化管理委员会). Animal and Vegetable Fats and Oils—Analysis by Gas Chromatography of Methyl esters of Fatty Acids (动植物油脂脂肪酸甲酯的气相色谱分析). Beijing: China Standard Press, 2009. 1-10.
 - 17 Wang YG (王亚光). Determination Methods of Active Ingredients in Function Foods (保健食品功效成分检测方法). Beijing: China Light Industry Press, 2002. 52-82.
 - 18 Cao WH (曹文红), Zhang CH (章超桦), Chen SH (谌素华), et al. Analysis and evaluation of nutrients of *Acetes Chinensis*. *J Fujian Fisheries* (福建水产), 2001: 8-14.
 - 19 Pu ZY (蒲正宇), Shi JY (史军义), Yao J (姚俊), et al. Analysis of nutritional components of *Erionota torus* Pupa. *Nat Prod Res Dev* (天然产物研究与开发), 2013, 25: 379-382.
 - 20 Xie ZY (谢宗塘). Nutrition and Health of Marine Food (海洋水产品营养与保健). Qingdao: China Ocean University Press, 1991. 10-32.
 - 21 Yao X (姚翹), Tao NP (陶宁萍), Wang XC (王锡昌). Composition analysis and nutritional evaluation of amino acids of *Jade perch* muscle. *Mod Food Sci Technol* (现代食品科技), 2009, 25: 447-450.
 - 22 Ruperez P. Mineral content of edible marine seaweeds. *Food Chemistry*, 2002, 79: 23-26.
 - 23 Zhang GJ (张高静), Han LP (韩丽萍), Sun JF (孙剑锋), et al. Analysis and evaluation of nutritive composition in *Penaeus Vannamei*. *J Chin Inst Food Sci Tech* (中国食品学报), 2013, 13: 254-260.
 - 24 Zhong YG (钟耀广). Function Food (功能性食品). Beijing: Chemical Industry Press, 2010. 105-114.

(上接第 293 页)

- 9 Zhao G, Liu Z, Ilagan MX, et al. Gamma-secretase composed of PS1/Pen2/Aph1a can cleave notch and amyloid precursor protein in the absence of nicastrin. *J Neurosci*, 2010, 30: 1648-1656.
- 10 Peng Y, Lee DY, Jiang L, et al. Huperzine A regulates amyloid precursor protein processing via protein kinase C and mitogen-activated protein kinase pathways in neuroblastoma SK-N-SH cells over-expressing wild type human amyloid precursor protein 695. *Neuroscience*, 2007, 150: 386-395.