

◆海洋科学◆

大型绿藻浒苔的产业化开发应用^{*}周伟^{1,2},邓银银¹,田翠翠¹,陆勤勤¹,胡传明^{1**}

(1.江苏省海洋水产研究所,江苏南通 226007;2.江苏省农业种质资源保护与利用平台,江苏南京 210014)

摘要:浒苔是一类大型绿藻,我国浒苔资源丰富。本文介绍浒苔的营养价值和药用价值,综述浒苔及其深加工产品在食品、医药、饲料、新能源等方面的应用,并对其应用前景进行展望,为浒苔资源的进一步开发和利用提供参考资料。

关键词:绿藻 浒苔 产业化 开发 应用

中图分类号:S968.41 文献标识码:A 文章编号:1005-9164(2021)02-0113-06

DOI:10.13656/j.cnki.gxkx.20210610.007

0 引言

浒苔属(*Enteromorpha*)为绿藻门(Chlorophyta)石莼目(Ulvales)石莼科(Ulvaceae)的一类大型经济绿藻,主要种类有浒苔(*E. prolifera*)、缘管浒苔(*E. linza*)、条浒苔(*E. clathrata*)、肠浒苔(*E. intestinalis*)、扁浒苔(*E. compressa*)、曲浒苔(*E. flexuosa*)等^[1]。浒苔在我国沿海一带均有自然生长,广泛分布于中低潮带的沙砾、岩石、滩涂和石沼中^[2]。浒苔适应自然环境能力强,繁殖快,属广温、广盐、耐酸和微嗜碱的海藻。

近年来,全球变暖、海水升温、近海岸工业废水和城市生活污水排入海等为浒苔的生长提供了有利条件,世界各海域均有不同程度的浒苔暴发与蔓

延^[3]。因此,如何有效利用浒苔资源已成为改善生态环境和海藻综合利用的重要课题。本文综述浒苔的营养价值、药用价值及其在生产中的应用,为充分开发和利用浒苔资源提供参考资料。

1 浒苔的营养价值

1.1 基本营养成分

浒苔属海藻的基本营养成分包括蛋白质、脂肪、碳水化合物及灰分(表1)。不同种的浒苔营养成分均有差异,其中多糖含量最高,占42.1%–55.69%,是浒苔的主要组成成分。粗蛋白含量为10.22%–27.0%,与其他大型经济类海藻比较,浒苔的粗蛋白含量基本高于海带(8.7%)和裙带菜(17.2%),但低于坛紫菜(43.6%)。对于粗纤维含量,浒苔所含的比

^{*}国家重点研发计划项目(2016YFC1402104),国家藻类体系项目(CARS-50号),国家重点研发计划“蓝色粮仓科技创新”专项(2018YFD0901502-3号,2018YFD0901506-3号)和江苏省农业科技自主创新项目(CX(19)3013号,CX(19)3017号)资助。

【作者简介】

周伟(1982–),女,高级工程师,主要从事海藻栽培与应用,E-mail:crasszhou@163.com。

【**通信作者】

胡传明(1980–),男,副研究员,从事水产养殖研究,E-mail:hucharming@163.com。

【引用本文】

周伟,邓银银,田翠翠,等.大型绿藻浒苔的产业化开发应用[J].广西科学,2021,28(2):113-118.

ZHOU W, DENG Y Y, TIAN C C, et al. Industrial Development and Application of Large Green Algae *Enteromorpha prolifera* [J]. Guangxi Sciences, 2021, 28(2): 113-118.

例(4.1% - 10.2%)高于裙带菜(3.1%)和坛紫菜(2.0%),可以作为很好的膳食纤维来源。浒苔的脂肪含量为0.23% - 0.90%,显著低于裙带菜(3.7%)

表1 浒苔及其他大型经济类海藻的营养成分(%)

Table 1 Nutritional components of *Enteromorpha* and other large economic algae (%)

品种 Species	蛋白 Protein	脂肪 Fat	碳水化合物 Carbohydrate		灰分 Ash content
			多糖 Polysaccharide	粗纤维 Crude fibre	
缘管浒苔 ^[4] <i>E. linza</i>	27.0	0.9	53.7	10.2	8.20
条浒苔 ^[5] <i>E. clathrata</i>	18.91	0.67	55.69	8.53	9.60
肠浒苔 ^[6] <i>E. intestinalis</i>	20.5	0.23	42.1	4.1	30.2
浒苔 ^[7] <i>E. prolifera</i>	10.74	0.37	—	7.63	26.87
浒苔 ^[8] <i>E. prolifera</i>	10.22	0.37	—	8.76	18.32
海带 ^[4] <i>Laminaria japonica</i>	8.7	0.2	61.2	11.8	20.0
坛紫菜 ^[4] <i>Pyropia haitanensis</i>	43.6	2.1	44.4	2.0	7.8
裙带菜 ^[4] <i>Undaria pinnatifida</i>	17.2	3.7	40.6	3.1	35.4

1.2 氨基酸、脂肪酸及无机元素含量

由表2可见,浒苔的氨基酸种类比较齐全,约有18种氨基酸,其中必需氨基酸有8种,含量占氨基酸总量的35.90% - 38.93%,接近FAO/WHO提出的氨基酸模式,即必需氨基酸总量应达到氨基酸总量的40%以上;同时浒苔含有丰富的呈味氨基酸,含量占氨基酸总量的41.30% - 56.00%;呈味氨基酸中鲜味氨基酸(Asp、Glu)含量最高,其次是甜味氨基酸(Ala、Gly、Ser)。因此浒苔具有浓郁的海藻鲜味。

浒苔虽然脂肪含量很低,但脂肪酸的种类丰富,多达10种以上,如肠浒苔有13种脂肪酸^[9]。脂肪酸组成以十六碳和十八碳的不饱和脂肪酸为主,不饱和脂肪酸占脂肪酸总量的45% - 60%,尤其是亚麻酸、油酸等人体必需脂肪酸含量十分丰富^[9]。

浒苔含有丰富的Fe、Mg、K、Na、Zn、Ca、P等矿物质元素(表3),其中铁含量为我国食物中铁含量之最^[10]。浒苔中的Fe(0.12 - 2.42 mg/g)和Zn(0.02 - 0.17 mg/g)含量远高于海带和紫菜,且有害元素Cd和Pb含量也显著低于相应的藻类制品卫生标准(GB 19643 - 2005)^[11]中的限量要求^[10]。因此浒苔是一种低污染、富含矿物质的海藻。

和坛紫菜(2.1%)。不同种类浒苔的灰分含量差异较大,为8.2% - 30.2%。因此,浒苔是一种高蛋白、高纤维、低脂肪的经济海藻。

表2 浒苔的氨基酸组成和含量

Table 2 Composition and content of amino acid in *Enteromorpha*

氨基酸名称 Name of amino acid	含量 Content (%)			
	缘管浒苔 ^[4] <i>E. linza</i>	浒苔 ^[10] <i>E. prolifera</i>	条浒苔 ^[9] <i>E. clathrata</i>	肠浒苔 ^[12] <i>E. intestinalis</i>
天门冬氨酸 Aspartic acid (Asp)	3.38	2.61	2.25	2.88
苏氨酸 Threonine (Thr) *	1.47	0.94	0.66	1.30
丝氨酸 Serine (Ser)	1.45	0.83	0.41	1.25
谷氨酸 Glutamic acid (Glu)	3.32	2.90	2.04	2.27
甘氨酸 Glycine (Gly)	1.87	1.55	1.02	1.31
丙氨酸 Alanine (Ala)	2.55	2.30	1.27	2.22
胱氨酸 Cystine (Cys)	0.50	0.36	0.22	0.34
缬氨酸 Valine (Val) *	1.63	1.49	1.12	1.31
甲硫氨酸 Methionine (Met) *	0.64	0.48	0.39	0.21
异亮氨酸 Isoleucine (Ile) *	1.15	0.84	0.67	0.84

续表 2

Continued table 2

氨基酸名称 Name of amino acid	含量 Content (%)			
	缘管浒苔 ^[4] <i>E. linza</i>	浒苔 ^[10] <i>E. prolifera</i>	条浒苔 ^[9] <i>E. clathrata</i>	肠浒苔 ^[12] <i>E. intestinalis</i>
亮氨酸 Leucine (Leu) *	2.06	1.69	1.11	1.34
酪氨酸 Tyrosine (Tyr)	0.82	0.56	0.56	0.55
苯丙氨酸 Phenylalanine (Phe) *	1.50	1.13	1.13	1.25
赖氨酸 Lysine (Lys) *	1.17	1.04	0.76	1.01
色氨酸 Tryptophan (Trp)	0.43	—	—	—
组氨酸 Histidine (His) *	0.29	0.58	0.27	0.30
精氨酸 Arginine (Arg)	1.71	0.91	1.06	1.05
脯氨酸 Proline (Pro)	1.03	0.83	1.00	0.80
呈味氨基酸 Flavor amino acid	46.90	56.00	41.30	42.90
必需氨基酸 Essential amino acid	38.00	38.93	38.33	35.90

注: * 为必需氨基酸

Note: * means essential amino acid

表 3 浒苔的无机质含量(mg/g)

Table 3 Inorganic matter content of *Enteromorpha* (mg/g)

品种 Species	Ca	P	Mg	K	Na	Fe	Zn
缘管浒苔 ^[4] <i>E. linza</i>	2.99	1.56	1.13	4.93	3.63	1.46	0.16
条浒苔 ^[5] <i>E. clathrata</i>	1.60	—	1.44	—	2.53	0.12	0.17
肠浒苔 ^[6] <i>E. intestinalis</i>	3.0	4.0	0.03	2.6	—	2.42	0.03
浒苔 ^[7] <i>E. prolifera</i>	12.07	0.56	13.34	43.04	59.50	0.26	0.02
浒苔 ^[8] <i>E. prolifera</i>	25.65	0.50	7.88	26.85	—	0.42	0.02
海带 ^[4] <i>L. japonica</i>	7.10	2.00	1.62	51.00	28.00	0.04	0.02
坛紫菜 ^[4] <i>P. haitanensis</i>	3.90	5.80	0.82	21.00	1.20	0.10	0.05
裙带菜 ^[4] <i>U. pinnatifida</i>	—	—	—	—	—	—	—

2 浒苔的药用价值

根据最早《随息居饮食谱》记载:浒苔“消胆,消瘵,疔癭瘤,泄胀、化痰,治水土不服”^[5],具有清热解毒、抗菌消炎、降低胆固醇、增强机体免疫等功效。随着对浒苔成分的深入研究,其药用价值进一步显现出来。

2.1 多糖

解影等^[13]研究表明,浒苔多糖可缓解产肠毒素大肠杆菌(ETEC)感染导致的小鼠肠道粘膜损伤,添加浒苔多糖可以促进小鼠肠道中双歧杆菌和乳酸菌的生长,维持肠道菌群平衡,促进肠道健康^[14]。张智芳^[15]研究认为,浒苔多糖能显著降低试验鼠的血清血脂水平,提高小鼠血清、脑、肝脏超氧化物歧化酶(SOD)活力,从而增强机体的抗氧化能力;徐大伦^[16]证明浒苔多糖可显著促进扇贝血清和血细胞中SOD和溶菌酶活力,增强扇贝免疫活性;Rosario等^[17]的研究表明浒苔多糖可以提高哺乳动物的免疫力,对贝类也具有免疫防御作用,可用于防治养殖贝类病害。此外,浒苔多糖对细菌的抑制能力优于酵母菌和霉菌^[18]。

2.2 凝集素及提取物

凝集素是非免疫起源的蛋白质或糖蛋白,Ambrosio等^[19]从浒苔中分离出EPL-1和EPL-2两种凝集素。宋玉娟等^[20]分离纯化了肠浒苔凝集素,其对单胞藻、兔、鲤鱼、鲫鱼及人血型红细胞均表现出一定程度的凝集活性,具有凝集单细胞、抑制肿瘤细胞增殖等生物活性。

Hellio等^[21]研究发现,肠浒苔的乙醇提取物对6种革兰氏阳性细菌具有较强的抑菌活性,而该活性可能与其抗菌等化学防御作用相关;Salah等^[22]发现曲浒苔(*E. flexuosa*)的乙酸乙酯提取物表现出抗枯草芽孢杆菌活性;Castro等^[23]研究表明,浒苔的水溶性提取物能提高大菱鲆的呼吸活性,提高嗜菌细胞中性粒细胞和巨嗜细胞杀死细菌病原体的能力,以增强机体的免疫活性。此外,Okai等^[24]研究发现,浒苔的一些化合物如脱镁叶绿素a对肿瘤有一定的抑制作用。

3 浒苔的产业化开发应用

3.1 浒苔的食品开发应用

如前所述,浒苔是一种高蛋白、高纤维、低脂肪,且富含氨基酸和矿物质的海藻,因此长期以来一直是

我国沿海人民的食用藻类^[2]。在浙江和福建沿海等地,浒苔被当作美味食品,也有厂家将浒苔粉作为汤料包的重要辅料,应用于面粉和面条的生产中。

目前,浒苔食品的研发方向主要有浒苔条、浒苔食用精粉、即食浒苔、浒苔调味酱、浒苔罐头、浒苔果汁复合饮料以及将浒苔作为配菜或佐料等。滕瑜等^[25]对浒苔采用隔水高压蒸煮的方法脱腥护色,研制浒苔罐头产品;罗红宇等^[26]以干浒苔为绿藻原料,以混合果汁作为风味添加剂制得绿藻果汁复合饮料。朱兰兰等^[27]研究不同脱盐试剂配方、烘干温度对浒苔粉生产的影响,开发的玉米味浒苔片口感良好;孙元芹等^[28]以浒苔为主料,在传统风味加工基础上研制出浒苔干脆片、浒苔鱼松、浒苔西点等系列即食休闲产品,为浒苔资源的综合利用开辟了新的途径。

3.2 浒苔的药用开发应用

对于浒苔临床药用价值,中华医典名著《本草纲目》对浒苔的描述为烧末吹鼻止衄血;汤浸捣敷手背肿痛^[29]。浒苔虽然具有重要的药用价值,但目前它的产业化发展仍显不足。钟礼云^[30]系统研究了浒苔纯粉、浒苔绿藻精和浒苔膳食纤维等浒苔系列产品的润肠通便、免疫调节和辅助降血脂等生理功能活性,结果表明浒苔纯粉具有润肠通便、调节血脂的功能,对免疫功能也有一定的调节作用。

3.3 浒苔的饲料开发应用

由于浒苔营养丰富、味道鲜美,日本、英国、新西兰等许多国家建立了海藻饲料加工工厂,实现了海藻饲料的规模化发展^[31]。

我国目前研究了鲜浒苔、浒苔粉、浒苔干物质、浒苔青贮等用作家禽和水产养殖的饲料,以提高肉鸡^[32]、猪^[33]、兔^[34]、奶牛^[35]、海参^[8]、大菱鲆^[36]等动物的回肠消化率,促进机体快速生长,增强免疫力,缩短养殖周期。在蛋鸡饲料中添加浒苔粉还可以改善其产蛋性能,显著降低蛋黄中胆固醇的含量^[37]。

3.4 浒苔的海藻肥开发及其他资源应用

浒苔作为新型有机肥料,代替了一部分传统的化肥。海藻具有丰富的营养成分,对增加农作物产量和改善品质有明显作用。单俊伟等^[38]、赵明等^[39]、李秀珍等^[40]利用浒苔海藻肥,提高了作物产量和质量,减少病虫害,并对农作物、环境及人类无不良影响和污染。2009年海大生物有限公司开发利用浒苔资源,浒苔日处理能力达到3 000 t,研制的浒苔肥系列产品如涵盖粉状肥、叶面肥和颗粒肥等,可使作物产量提高3%,抗病性明显增强^[41]。

海洋藻类已被认为是重要的生物质能资源。近年来,浒苔生物质能的开发主要包括热解生产生物柴油、发酵法制取乙醇和沼气^[42]。同时浒苔能够通过化感作用和营养竞争抑制微藻的生长,是较为理想的海洋生态修复海藻种^[43]。浒苔对赤潮异弯藻等的克生效应^[44]以及对海水中氮元素的吸收^[45],对于改善富营养化海区有着积极意义。此外,科研工作者在浒苔生物活性成分、吸声材料制备^[46]、浒苔多糖在纺织领域应用方面的探索^[47],均已展开相当规模的研究。

4 结语

浒苔暴发给环境带来负面影响,但它改善了海区富营养化问题,同时也为人类带来宝贵的生物资源。浒苔防治只是治标,其资源化利用才是长远之计和根本点。我国自20世纪50年代起,就逐步开始系统地研究海藻的生产开发及加工利用,但在产业化发展、开发产品的种类及质量上,与日本、美国、英国、加拿大等国还有一定的差距。今后,仍需要在浒苔的食品、饲料、医药、化工等方面进行深度开发与推广应用,以充分利用我国丰富的海藻资源。

参考文献

- [1] 丁兰平. 中国海藻志:第四卷 绿藻门[M]. 北京:科学出版社,2013.
- [2] 曾呈奎,张德瑞,张峻甫,等. 中国经济海藻志[M]. 北京:科学出版社,1962.
- [3] 罗佳捷,肖淑华,张彬,等. 浒苔的研究进展及其在动物生产中的应用[J]. 资源开发,2014(2):31-34.
- [4] 何清,胡晓波,周峙苗,等. 东海绿藻缘管浒苔营养成分分析及评价[J]. 海洋科学,2006,30(1):34-38.
- [5] 林文庭. 浅论浒苔的开发与利用[J]. 中国食物与营养,2007(9):23-25.
- [6] 陶平,许庆陵,姚俊刚,等. 大连沿海13种食用海藻的营养组成分析[J]. 辽宁师范大学学报:自然科学版,2001,24(4):406-410.
- [7] 宁劲松,翟毓秀,赵艳芳,等. 青岛近海浒苔的营养分析与食用安全性评价[J]. 食品科技,2009,34(8):74-79.
- [8] 廖梅杰,郝志凯,尚德荣,等. 浒苔营养成分分析与投喂刺参试验[J]. 渔业现代化,2011,38(4):32-36.
- [9] 蔡春尔,姚彬,沈伟荣,等. 条浒苔营养成分测定与分析[J]. 上海海洋大学学报,2009,18(2):155-159.
- [10] 孙杰. 浒苔中无机元素及其砷形态化合物提取分离工艺优化与检测方法的研究[D]. 青岛:中国海洋大学,2015.
- [11] 沙纪辉,韩彩轩,李素秋,等. 藻类制品卫生标准:GB

- 19643-2005 [S]. 北京:中国标准出版社,2005.
- [12] 杨欢,黎中宝,李元跃,等. 厦门海域浒苔种类鉴定及其营养成分分析[J]. 中国渔业质量与标准,2013,3(4):70-75.
- [13] 解影,马勇,谢春艳,等. 浒苔多糖对 ETEC 感染小鼠肠道黏膜损伤的保护作用及机制研究[J]. 中国饲料,2019(23):64-68.
- [14] SHANG Q S, WANG Y, PAN L, et al. Dietary polysaccharide from *Enteromorpha clathrata* modulates gut microbiota and promotes the growth of *Akkermansia muiniphila*, *Bifidobacterium* spp. and *Lactobacillus* spp. [J]. Marine Drugs,2018,16(5):167.
- [15] 张智芳. 浒苔多糖提取工艺及其降血脂和抗肿瘤功能研究[D]. 福州:福建医科大学,2009.
- [16] 徐大伦. 浒苔主要化学组分的分析及多糖活性的研究[D]. 青岛:中国海洋大学,2004.
- [17] ROSARIO C, IGNACIO Z, JESUS L, et al. Water-soluble seaweed extracts modulate the respiratory burst activity of turbot phagocytes [J]. Aquaculture, 2004, 229(1/2/3/4):67-78.
- [18] VLACHOS V, CRITCHLEY A T, VON HOLY A, et al. Antimicrobial activity of extracts from selected southern African marine macroalgae [J]. South African Journal of Science,1997,93(7):328-332.
- [19] AMBROSIO A L, SANZ L, SANCHEZ E I, et al. Isolation of two novel mannan- and L-fucose-binding lectins from the green alga *Enteromorpha prolifera*: Biochemical characterization of EPL-2 [J]. Archives of Biochemistry and Biophysics,2003,415 (2/15):245-250.
- [20] 宋玉娟,崔铁军,李丹彤,等. 肠浒苔凝集素的分离纯化及性质研究[J]. 中国海洋药物杂志,2005,24(1):1-5.
- [21] HELLIO C, BROISE D D L, DUFOSSÉ L, et al. Inhibition of marine bacteria by extracts of macroalgae: Potential use for environmentally friendly antifouling paints [J]. Marine Environmental Research, 2001, 52(3):231-247.
- [22] SALAH E D R A, SOLIMAN H S M, MAHMOUD I I, et al. Isolation of some chemical compounds from the green alga *Enteromorpha flexuosa* (Wulfen) J. Agardh from the Egyptian red sea [J]. Egyptian Journal of Biomedical Sciences,2005,17:52-60.
- [23] CASTRO R, ZARRA I, LAMAS J, et al. Water-soluble seaweed extracts modulate the respiratory burst activity of turbot phagocytes [J]. Aquaculture,2004,229(1/2/3/4):67-78.
- [24] OKAI Y, OKAI K H. Potent anti-inflammatory activity of pheophytin a derived from edible green alga, *Enteromorpha prolifera* (Sujiaonori) [J]. International Journal of Immunopharmacology, 1997, 19(6):355-358.
- [25] 滕瑜,王彩理,尚德荣,等. 浒苔的快速干燥技术及其初步开发[J]. 渔业科学进展,2009,30(2):100-104.
- [26] 罗红宇,吴常文,陈小娥,等. 绿藻果汁复合饮料的工艺研究[J]. 食品研究与开发,2002,23(2):34-36.
- [27] 朱兰兰,刘淇,冷凯良,等. 浒苔在食品中的应用研究[J]. 安徽农业科学,2009,37(2):719-721.
- [28] 孙元芹,卢璐,王颖,等. 浒苔干脆片的加工技术研究[J]. 烟台大学学报:自然科学与工程版,2009(22):103-106.
- [29] 林良琴,林丽凡. 浅谈浒苔的临床药用价值[J]. 数字化用户,2014(23):270-270.
- [30] 钟礼云. 浒苔系列产品生理功能活性研究[D]. 福州:福建医科大学,2008.
- [31] 常巧玲,孙建义. 海藻饲料资源及其在水产养殖中的应用研究[J]. 饲料工业,2006,27(2):62-64.
- [32] 张威,苏秀榕,邵亮亮,等. 浒苔和江蓠对仙居鸡产蛋性能的影响[J]. 畜牧与兽医,2009,41(7):46-48.
- [33] 林英庭,宋春阳,薛强,等. 浒苔对猪生长性能的影响及养分消化率的测定[J]. 饲料研究,2009(3):47-49.
- [34] 周蔚,徐小明,嵇珍,等. 浒苔用作肉兔饲料的研究[J]. 江苏农业科学,2001(6):68-69.
- [35] 孙国强,胡昌军,李国兴,等. 浒苔粉对奶牛产奶性能及粪便微生物菌群的影响[J]. 畜牧与兽医,2010,42(6):54-56.
- [36] 梁萌青,辛福言,常青,等. 以绿藻浒苔作为大菱鲆诱食剂的制备方法:CN200810249651.9 [P]. 2009-06-17.
- [37] 位孟聪,王卫,战新强,等. 青岛海域野生浒苔对蛋鸡生产性能影响的试验研究[J]. 中国畜牧杂志,2013,49(16):58-60.
- [38] 单俊伟,许加超. 海藻生物肥的抗病实验[J]. 齐鲁渔业,2004,21(12):33-34.
- [39] 赵明,赵征宇,孙永红,等. 海藻肥等不同施肥处理对土壤氮素矿化及氮肥利用率的影响[J]. 中国农学通报,2012,28(6):103-107.
- [40] 李秀珍,宋海妹,单俊伟,等. 浒苔海藻肥在白菜上的增产效果研究[J]. 现代农业科技,2011(20):292-295.
- [41] 姚东瑞. 浒苔资源化利用研究进展及其发展战略思考[J]. 江苏农业科学,2011,39(2):473-475.
- [42] 孙元芹,李翘楚,李红艳,等. 浒苔生理活性与开发利用研究进展[J]. 水产科学,2013,32(4):244-248.
- [43] FUJITA R M. The role of nitrogen status in regulating transient ammonium uptake and nitrogen storage by macroalgae [J]. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology,1985,92(2/3/4):283-301.

- [44] 许妍,董双林,于晓明,等. 缘管浒苔对赤潮异弯藻的克生效应[J]. 生态学报, 2005, 25(10): 2681-2685.
- [45] HERNÁNDEZ I, MARTÍNEZ-ARAGÓN J F, TOVAR A, et al. Biofiltering efficiency in removal of dissolved nutrients by three species of estuarine macroalgae cultivated with sea bass (*Dicentrarchus labrax*) waste waters 2. ammonium [J]. Journal of Applied Phycology, 2002, 14(5): 375-384.
- [46] 傅圣雪, 么光, 李钢, 等. 浒苔作为吸声材料的开发研究[J]. 声学与电子工程, 2009(2): 42-44.
- [47] 许福超, 薛志欣, 叶乃好, 等. 浒苔多糖的提取、提纯和分析[J]. 科学技术与工程, 2010, 10(10): 2413-2415.

Industrial Development and Application of Large Green Algae *Enteromorpha prolifera*

ZHOU Wei^{1,2}, DENG Yinyin¹, TIAN Cuicui¹, LU Qinqin¹, HU Chuanming¹

(1. Jiangsu Marine Fisheries Research Institute, Nantong, Jiangsu, 226007, China; 2. Protection and Utilization of Agricultural Germplasm Resources in Jiangsu Province, Nanjing, Jiangsu, 210014, China)

Abstract: *Enteromorpha prolifera* is a kind of large green algae, and China is rich in *E. prolifera* resources. This article introduces the nutritional value and medicinal value of *E. prolifera*. The application of *E. prolifera* and its deep processing products in food, medicine, feed and new energy is summarized. At the same time, the broad application is also prospected to provide reference for the further development and utilization of *E. prolifera* resources.

Key words: green algae, *Enteromorpha prolifera*, industrialization, development, application

责任编辑: 陆 雁



微信公众号投稿更便捷

联系电话: 0771-2503923

邮箱: gxkx@gxas.cn

投稿系统网址: <http://gxkx.ijournal.cn/gxkx/ch>