

# 东海绿藻缘管浒苔营养成分分析及评价

何清, 胡晓波, 周峙苗, 王小燕

(浙江温州大学 应用技术学院, 浙江 温州 325035)

**摘要:** 分析了缘管浒苔(*Enteromorpha linza*)一般营养成分、18种氨基酸及矿物质的含量,并与藻类海产品海带、紫菜、羊栖菜、裙带菜进行营养学对照评价。结果表明,缘管浒苔中主要成分是多糖类和粗纤维,占藻体的63.9%。蛋白质含量27.0%,在几种海藻中较高。氨基酸组成均衡,必需氨基酸(EAA)占氨基酸总量(TAA)的38%,必需氨基酸与非必需氨基酸的比值(EAA/NEAA)为0.62;氨基酸价78,高于海带(47)和紫菜(54),限制性氨基酸均为赖氨酸;呈味氨基酸占总量的53%;谷氨酸、天氨酸、丙氨酸、亮氨酸等含量很高。脂肪量较低,为0.9%。矿物质和维生素含量丰富,其中Mg, Fe, Ca, K, Na, P, Zn等元素含量很高,尤其Mg, Fe, Zn高于其它海藻;钙磷比值合理,为1.9;尤其有害元素As含量远远低于同水域中4种海藻,为2.98 mg/kg。因此缘管浒苔是一种低污染的高膳食纤维、高蛋白、低脂肪的富含维生素和矿物质的新型海洋食品。

**关键词:** 缘管浒苔(*Enteromorpha linza*); 营养学评价; 分析; 氨基酸

中图分类号: TS207.3 ,Q949.2 文献标识码: A 文章编号: 1000-3096(2006)01-0034-05

缘管浒苔(*Enteromorpha linza*)俗称“海青菜”、“绿紫菜”,属海藻中绿藻门,石莼科,浒苔属中的一种,为浙江沿海优势种。据我国医籍《本草纲目拾遗》记载:石莼“味甘、平、无毒”,“下水,利小便”;《随息居饮食谱》记载:浒苔“清胆,消瘵疔瘰,泄胀、化痰,治水土不服”<sup>[1]</sup>。大型绿藻不仅具有相当的营养价值<sup>[2,3]</sup>,而且有抗菌消炎、降胆固醇、增强肌体免疫力之功效<sup>[4]</sup>,石莼科绿藻一般均有软坚散结,清热祛痰,利尿解毒等作用。缘管浒苔藻体嫩绿,味道鲜美,海边居民一般将其晒干后直接食用或作消暑解毒饮料。

关于海藻的研究及产品开发目前主要以红藻、褐藻见多,绿藻因产量较低而使利用受到限制。实验所用材料缘管浒苔采自浙江洞头县,据调查,该地野生缘管浒苔年产量预计可达几千吨干藻,而且极易生长繁殖,无须购置种苗,只要往海水中投附着物(如绳),其孢子便可附着生长,是一种价廉的丰富海洋生物资源。缘管浒苔是近几年才开发的绿藻,国内尚未见有其营养成分的系统研究和产品开发报道。分析与评价

缘管浒苔营养成分对该产品的深加工和营养研究提供有力依据,同时在开发、研究温州盛产的海洋资源方面具有重要意义。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

实验用缘管浒苔(*Enteromorpha linza*)及海带(*Laminaria japonica*)、紫菜(*Porphyra haitanensis*)、羊栖菜(*Hizikia fusiformis*)、裙带菜(*Undaria pinnatifida*)均采自浙江省洞头县同水域。使用前清洗、烘干、粉碎备用。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 一般营养成分分析<sup>[5]</sup>

水分:105 常压干燥法;粗蛋白:微量凯氏定

收稿日期:2004-02-18;修回日期:2004-05-25

基金项目:温州市科学技术研究开发项目(S2003B006)

作者简介:何清(1974-),女,硕士,讲师,研究方向为有机分析, E-mail:likuobin@163.com.

氮法；粗脂肪：索氏提取法；多糖：直接滴定法；粗纤维：重量法；总碳水化合物：减差法；灰分：550 高温灼烧法；维生素 C：2，4-二硝基苯肼比色法。

### 1.2.2 蛋白质的氨基酸组成分析

样品经 6 mol/L HCl 水解后，采用日立 835-50 高速氨基酸分析仪进行 17 种氨基酸的分析。另取样用 5 mol/L NaOH 水解，同机测其色氨酸含量。

### 1.2.3 矿物质含量测定

样品经湿法消化后定容备用。等离子体电感耦合发射光谱法 (IRIS Advantage DUO, 美国 TJA 公司) 测定。

### 1.2.4 蛋白质营养价的化学法评价

以 1973 年 FAO/WHO 推荐的蛋白质模式 (常规水平) 为准计算缘管浒苔中蛋白质氨基酸价。

氨基酸价 (%) = [样品蛋白质中氨基酸含量 / 比较基准同种氨基酸含量] × 100

## 2 结果与讨论

### 2.1 一般营养成分分析及评价

对缘管浒苔一般营养成分进行了分析，并将缘管浒苔中主要营养成分与常见几种海藻进行了比较，详见表 1。

由表 1 可知，缘管浒苔中粗蛋白含量为 27.0%，与日常食用海藻海带(8.7%)、紫菜(43.6%)、羊栖菜(12.3%)、裙带菜(17.2%)相比，缘管浒苔粗蛋白含量较高，高于海带、羊栖菜、裙带菜，而低于紫菜，这一

结果和文献[2]结论一致。与陆地蔬菜相比，海藻中含有很高的蛋白质，并且其中某些氨基酸正是动物食品所缺乏的，缘管浒苔中较高的蛋白质可弥补这一不足。

海藻中脂肪含量虽低 (多在 4% 以下)，但不饱和脂肪酸比例较大，对人体具有重要功效。缘管浒苔中脂肪含量 0.9%，海带为 0.2%，紫菜为 2.1%，羊栖菜为 1.5%，裙带菜为 3.7%，与它们相比，缘管浒苔脂肪含量偏低，高于海带而低于其他 3 种。

和其它海藻相同，缘管浒苔中主要成分是碳水化合物，占藻体的 63.9%，其中多糖类 53.7%，低于海带 (61.2%)，高于紫菜 (44.4%) 和裙带菜 (40.6%)，与羊栖菜 (54.4%) 接近；粗纤维含量 10.2%，高于紫菜 (2.0%) 和裙带菜 (3.1%)，而略低于海带 (11.8%) 和羊栖菜 (10.6%)。海藻中大部分碳水化合物为不能被人体消化吸收的膳食纤维，大多数可溶性膳食纤维可降低人体血浆胆固醇水平和降低动物血浆和肝的胆固醇水平，膳食纤维的摄入量与冠心病的发病率和死亡率呈显著负相关。所以，缘管浒苔可作为很好的膳食纤维源，为人体提供这一必需的营养素。

此外，缘管浒苔中含有灰分 8.2%，低于海带 (20.0%)、羊栖菜 (21.2%) 和裙带菜 (35.4%)，高于紫菜 (7.8%)；维生素 C 含量为 0.206 mg/g，其值高于海带 (0.113 mg/g) 和裙带菜 (0.172 mg/g)，低于紫菜 (1.125 mg/g)。

表 1 缘管浒苔和其它海藻中一般营养成分

Tab.1 Nutrient contents in *Enteromorpha linza* and other seaweeds

海藻	粗蛋白 (%)	脂肪 (%)	多糖 (%)	粗纤维 (%)	灰分 (%)	维生素 C (mg/g)
缘管浒苔( <i>Enteromorpha linza</i> )	27.0	0.9	53.7	10.2	8.2	0.206
海带( <i>Laminaria japonica</i> *)	8.7	0.2	61.2	11.8	20.0	0.113
紫菜( <i>Porphyra haitanensis</i> *)	43.6	2.1	44.4	2.0	7.8	1.125
羊栖菜 ( <i>Hizikia fusiformis</i> *)	12.3	1.5	54.4	10.6	21.2	
裙带菜( <i>Undaria pinnatifida</i> *)	17.2	3.7	40.6	3.1	35.4	0.172

注：\*参见文献[6]

### 2.2 蛋白质的氨基酸组成分析及评价

氨基酸分析结果见表 2。18 种氨基酸中包括人体不能合成的 8 种必需氨基酸，氨基酸总量 (TAA) 为 27.0%，必需氨基酸 (EAA) 10.3%，非必需氨基酸

(NEAA) 16.7%，EAA 占 TAA 的 38%，EAA/NEAA 为 0.62。FAO/WHO (1973 年) 推荐的理想蛋白质模式认为，质量较好的蛋白质氨基酸组成 EAA/TAA 应在 40% 左右，EAA/NEAA 应在 0.60 以上，缘管浒苔

的蛋白质氨基酸组成基本符合这一模式。食物蛋白质的氨基酸价越接近 100, 则其越接近人体需要, 营养价值也越高。根据 1973 年 FAO/WHO 推荐的氨基酸模式(常规水平)对氨基酸进行评价, 结果见图 1。氨基酸价为 79, 与海带氨基酸价 47、紫菜氨基酸价 54 相比<sup>[7]</sup>, 缘管浒苔氨基酸价均高于它们; 三者限制性氨基酸相同, 皆为赖氨酸。缘管浒苔的限制性氨基酸在藻类中普遍存在<sup>[2, 7]</sup>。

18 种氨基酸中谷氨酸(Glu)、天氨酸(Asp)、丙氨酸(Ala)、亮氨酸(Leu)等含量很高, 其中谷氨酸与天氨酸之和占总氨基酸的 25%, 是非必需氨基酸中的很大一组成部分, 这与其它海藻相似<sup>[3, 8]</sup>。呈味氨基酸谷氨酸、天氨酸、甘氨酸(Gly)、丙氨酸占总量的 41%, 加上与味觉有关的脯氨酸(Pro)、丝氨酸(Ser)、甲硫氨酸(Met)等, 呈味氨基酸可占总量的 53%, 含量亦很高, 因此缘管浒苔有浓郁的海藻鲜味, 可作为良好的海鲜调味品。

缘管浒苔中氨基酸种类齐全, 配置良好, 其中不仅含有丰富的呈味氨基酸, 而且某些具有重要生理作用的氨基酸含量也较高, 如谷氨酸、亮氨酸、精氨酸(Arg)、缬氨酸(Val)等。由此可见, 缘管浒苔具有较高的蛋白质营养价值, 作为食品将是一种很好的植物蛋白源。

表 2 缘管浒苔蛋白质的氨基酸组成

Tab.2 Amino acid composition in *Enteromorpha linza*

氨基酸名称	质量分数 (%)	氨基酸名称	质量分数 (%)
天门冬氨酸(Asp)	3.38	异亮氨酸(Ile)*	1.15
苏氨酸(Thr)*	1.47	亮氨酸(Leu)*	2.06
丝氨酸(Ser)	1.45	酪氨酸(Tyr)	0.82
谷氨酸(Glu)	3.32	苯丙氨酸(Phe)*	1.50
甘氨酸(Gly)	1.87	赖氨酸(Lys)*	1.17
丙氨酸(Ala)	2.55	色氨酸(Trp)*	0.43
胱氨酸(Cys)	0.50	组氨酸(His)	0.29
缬氨酸(Val)*	1.63	精氨酸(Arg)	1.71
甲硫氨酸(Met)*	0.64	脯氨酸(Pro)	1.03

注: \*为必需氨基酸

### 2.3 矿物质分析及评价

矿物质含量见表 3。缘管浒苔中 Mg, K, Na, Ca, Fe, P 等元素含量很高, 与海带、紫菜相比<sup>[9]</sup>, Mg, Fe, Zn 高出很多, Mg 含量 11.33 mg/g, 海带为 1.62

mg/g, 紫菜为 0.82 mg/g; Fe 含量 1.45mg/g, 海带为 0.04 mg/g, 紫菜为 0.10 mg/g; Zn 含量为 0.16 mg/g, 海带为 0.02 mg/g, 紫菜为 0.05 mg/g; 而 K, Na, Ca 含量低于它们。Mg 是一种增强记忆力的元素, 还有保护心脏的作用; 铁是人体重要的必需微量元素, 它对血细胞的营养和代谢非常重要, 人体缺铁会引起缺铁性贫血及代谢紊乱; 此外, 锌的缺乏也会引起多方面机能障碍。缘管浒苔高含量的无机质可满足人体的这些需求。

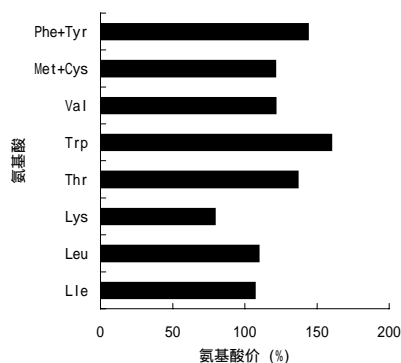


图 1 缘管浒苔蛋白质的氨基酸价

Fig.1 Amino acid score of the protein in *Enteromorpha linza*  
比较基准: 1973 年 FAO/WHO 推荐蛋白质模式(常规水平)  
based on FAO/WHO suggested level(1973)

促进骨骼生长的主要化学成分之一是磷酸钙。人体缺钙, 不仅是指 Ca 的摄取量不足, 而且 Ca 与 P 的比例严重失调, 因此食物中合理的钙磷比非常重要, 尤其是对正在生长发育的青少年和容易骨质疏松的老年人。不合理的钙磷比往往使人体对钙吸收率不高。譬如牛奶, 一瓶牛奶中含 Ca 185 mg, P 167 mg, 饮后吸收量, Ca 为 98 mg, P 为 151 mg, 也即 53% 的 Ca, 90% 的 P 被吸收, 造成 Ca 低吸收率的原因即是钙磷比例失调。一般认为, 对于需要高钙膳食供应的人, Ca/P 应在 1:1 到 2:1 之间, 如果 Ca/P 不协调, 就会引起生理障碍。日常食品中含 P 高而 Ca 少, 海产品含 Ca 较高, 可作为补钙食品。对缘管浒苔进行 Ca/P 计算, 其 Ca/P 为 1.9, 海带为 3.6, 紫菜为 0.7, 可见缘管浒苔中所含 Ca、P 比例合适。所以, 和海带等其它海藻相同, 缘管浒苔也是钙的源泉和调整钙磷比的优良食品, 完全可被视为促进骨骼生长的特效药。

对缘管浒苔中有毒元素 As 含量进行分析,发现其中 As 量很低。重复实验多次,缘管浒苔中 As 只有 2.98 mg/kg。海藻中有毒元素 As 的研究不多,Netten 等<sup>[9]</sup>报道的 15 种海藻中 As 含量在 17~88 mg/kg 之间;王小燕<sup>[10]</sup>对东海海藻羊栖菜等中的 As 含量进行测定,结果为 35.7~89.4 mg/kg;Caliceti 等<sup>[11]</sup>分析了 Venice lagoon 所产 7 种海藻中 As 含量,范围为 7 mg/kg ± 3 mg/kg ~ 242 mg/kg ± 104 mg/kg。与之相比,缘管浒苔中 As 含量最低。同时,对洞头海岛其他几种海藻中 As 含量进行测定,见表 4。从结果可知,同一水域中生长的几种海藻,缘管浒苔中 As 含量最

低,为 2.98 mg/kg,而羊栖菜最高,为 106.1 mg/kg,其他几种海藻的 As 含量也较高,是缘管浒苔的几倍。As 的毒性取决于其化学形态,大部分海藻因对 As 的高吸收能力而富含 As。但是,尽管海产品中 As 是低毒或无毒的,高含量的 As 仍令人心存顾虑,从这一角度讲,缘管浒苔是一种令人放心的食品。实验中几种海藻均采自洞头海岛同水域中,As 的含量却相差很大,总趋势为褐藻中 As 含量高于红藻,红藻高于绿藻,此结果与 Caliceti 等人的研究结论相符。由此也知,不同种类的海藻对 As 的吸收、富集能力不同,其机理有待再研究。

表 3 缘管浒苔和其它海藻中无机质含量 (mg/g)

Tab.3 Mineral contents in *Enteromorpha linza* and other seaweeds (mg/g)

海藻	Ca	P	Mg	K	Na	Fe	Zn
缘管浒苔	2.99	1.56	11.33	4.93	3.63	1.46	0.16
海带	7.10	2.00	1.62	51.00	28.00	0.04	0.02
紫菜	3.90	5.80	0.82	21.00	1.20	0.10	0.05

表 4 缘管浒苔和其它海藻中 As 含量

Tab.4 Content of element As in *Enteromorpha linza* and other seaweeds

海藻	As (mg/kg)
缘管浒苔	2.98
海带	14.63
紫菜	19.91
羊栖菜	106.1
裙带菜	24.26

海藻,为 2.98 mg/kg。因此缘管浒苔是一种低污染的高膳食纤维、高蛋白、低脂肪的富含维生素和矿物质的新型海洋食品。由于受到一些因素限制,目前可供加工利用的绿藻较少。缘管浒苔有味道鲜美、营养价值高、藻体嫩绿、野生资源丰富、极易生长繁殖等特点,充分利用这些优势,将之进一步产品开发。如做成干制品直接食用,是一种既有营养又美味的绿色小吃;或做成精粉添加于面包、蛋糕、面条等其它食品中,也可添加于饲料和宠物食品中,以增加食品、饲料的鲜味、营养和颜色;或得到浓缩液,再制成绿藻饮料或添加于其它饮料以得到口味独特的绿色饮料。预计这些产品将有广阔的市场前景。

### 3 结论

缘管浒苔中主要成分是多糖类和粗纤维,占藻体的 63.9%。蛋白质含量 27.0%,在几种海藻中较高。氨基酸组成均衡,EAA 占 TAA 的 38%,EAA/NEAA 为 0.62;氨基酸价 78,高于海带(47)和紫菜(54),限制性氨基酸均为赖氨酸,呈味氨基酸占总量的 53%;谷氨酸、天氨酸、丙氨酸、亮氨酸等含量很高。脂肪量较低,为 0.9%。矿物质和维生素含量丰富,特别是 Mg, Fe, Ca, K, Na, P, Zn 等元素,其中 Mg, Fe, Zn 含量比海带、紫菜高出很多;钙磷比值合理,为 1.9;尤其有害元素 As 含量远远低于同水域中 4 种

参考文献:

- [1] 迟玉森. 新型海洋食品[M].北京:中国轻工业出版社, 1999.
- [2] Fleurence J. Seaweed proteins: biochemical, nutritional aspects and potential uses[J]. *Trends in Food Science and Technology*, 1999, 10: 25-28.
- [3] Wong K H, Peter C K. Nutritional evaluation of some subtropical red and green seaweeds Part I—proximate composition, amino acid profiles and some physico-chemical properties[J]. *Food Chemistry*, 2000, 71: 475-482.

- [4] Wong K H,Bsc, Sam S W.Changes in lipid profiles of rats fed with seaweed-based diets[J]. *Nutrition Research* , 1999, **19** (10):1 519 – 1 527.
- [5] 黄伟坤. 食品检验与分析[M].北京:中国轻工业出版社, 1997.
- [6] 金骏,林美娇.海藻利用和加工[M].北京:科学出版社, 1993.
- [7] 赵明军.食用海藻营养学评价[J].水产科学, 1990, **9**(1):28 – 31.
- [8] Galland-Irmouli A V, Fleurence J,Lamghari R.Nutritional value of proteins from edible seaweed *Palmaria palmata*(Dulse) [J]. *J Nutr Biochem*,1999,10:353 – 359.
- [9] Netten C,Hopton Cann S A ,Morley D R.Elemental and radioactive analysis of commercially available seaweed[J]. *The Science of the Environment* , 2000,255:169 – 175.
- [10] 王小燕. 硝酸银-聚乙烯醇-乙醇体系光度法测定海产品中砷[J].食品科学, 2001, **22** ( 1 ): 71 – 73.
- [11] Caliceti M,Argese E, Sfriso A.Heavy metal contamination in the seaweeds of the Venice lagoon[J].*Chemosphere* , 2002,47:443 – 454.

## Evaluation on nutrition components of *Enteromorpha linza*

HE Qing , HU Xiao-bo , ZHOU Shi-miao , WANG Xiao-yan

(College of Applied Technology, Wenzhou University, Wenzhou 325035,China)

Received: Feb.,18,2004

Key words : *Enteromorpha linza*; nutrient value evaluation; analysis; amino acid

**Abstract:** The nutritional components,18 kinds of amino acids and minerals of *Enteromorpha linza* were analyzed and compared with other seaweeds for evaluation on nutrition such as *Laminaria japonica*, *Porphyra haitanensis*, *Hizikia fusiformis* and *Undaria pinnatifida*. The results indicate that the polysaccharides and crude fiber reach 63.9% of the total *E. linza*.The content of protein accounts for 27.0%,which is higher than in other seaweeds.The amino acid composition of protein is in balance with EAA/TAA 38% and the ratio of EAA to NEAA 0.62 .In *E. linza* , *L. japonica* and *P. haitanensis* there are the same limiting amino acid Lysine(Lys)with the amino acid score 78 of *E. linza* and it is higher than those of *L. japonica* (47) and *P. haitanensis*(54) .The contents of flavor development amino acids like Glutamic acid,Aspartic acid,Alanine , Leucine ,Proline,Serine and Methionine reach 53% of the total amino acid.Crude fat (0.9%) is lower in *E. linza*. The minerals and vitamins are rich,especially the elements of Mg,Fe,Ca,K,Na,P,Zn , in which Mg,Fe,Zn are higher than in other seaweeds and the ratio of Ca to P(1.9) is appropriate; while toxic element As that is only 2.98 mg/kg exhibits the lowest content contrasted with the other seaweeds coming from the same sea area. So *E. linza* might be a new safe and healthy sea food which provides higher dietary fibre , higher protein, lower fat ,richer vitamins and minerals.

(本文编辑:张培新)