

## 浒苔的氨基酸和脂肪酸组成研究

孙伟红<sup>1</sup> 冷凯良<sup>1\*</sup> 王志杰<sup>1</sup> 宁劲松<sup>1</sup> 王瑜<sup>2</sup> 刘艳萍<sup>2</sup> 翟毓秀<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>中国水产科学研究院黄海水产研究所, 青岛 266071)

(<sup>2</sup>上海海洋大学, 201306)

**摘要** 用氨基酸自动分析仪和气相色谱-质谱联用(GC-MS)技术分析浒苔的氨基酸、脂肪酸组成和含量。结果表明, 浒苔中含有18种氨基酸, 氨基酸总量(TAA)为8.78%, 人体所需的必需氨基酸(EAA)占总氨基酸的35.08%; 从浒苔中鉴定出19种脂肪酸, 由C12~C24脂肪酸组成, 其中不饱和脂肪酸占脂肪酸总量的65.78%, 以多不饱和脂肪酸为主, 特别是16碳和18碳脂肪酸比较丰富,  $\omega$ -3 PUFA占脂肪酸总量的29.68%, 绿藻的特征脂肪酸——亚麻酸(C18:3n3)相对含量达18.70%。

**关键词** 浒苔 氨基酸 脂肪酸

中图分类号 Q949.210.6 文献标识码 A 文章编号 1000-7075(2009)02-0106-04

## Study on the compositions of amino acids and fatty acids in *Enteromorpha prolifera*

SUN Wei-hong<sup>1</sup> LENG Kai-liang<sup>1\*</sup> WANG Zhi-jie<sup>1</sup>

NING Jin-song<sup>1</sup> WANG Yu<sup>2</sup> LIU Yan-ping<sup>2</sup> ZHAI Yu-xiu<sup>1</sup>

(<sup>1</sup> Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071)

(<sup>2</sup> Shanghai Ocean University, 201306)

**ABSTRACT** The compositions and contents of amino acids and fatty acids of *Enteromorpha prolifera* were determined by automatic amino acid analyzer and gas chromatograph-mass spectrometry (GC-MS). Eighteen amino acids were found in the samples and total amino acids (TAA) was 8.78%. Human essential amino acids (TAA) covered 35.08% of the total amino acid. Among the 19 kinds of fatty acids of C12~C24, the content of total unsaturated fatty acid was 65.78%, which were mainly high polyunsaturated fatty acid with a high percentage of C12 and C24. The content of  $\omega$ -3 unsaturated fatty acid was 29.68% of all fatty acids, and the content of characteristic fatty acid of chlorophyta—all cis-6,9,12-Octadecatrienoic was 18.70%.

**KEY WORDS** *Enteromorpha prolifera* Amino acids Fatty acid

浒苔 *Enteromorpha prolifera* 属于绿藻门、绿藻纲、石莼目、石莼科和浒苔属。浒苔属主要有条浒苔、肠浒苔、扁浒苔、浒苔和小管浒苔等5种, 是我国海洋野生植物中极为丰富的大型经济藻类, 它广泛地分布于中、

国家科技支撑计划(2008BAC49B04, 2007BAD62B02)和基础科研业务费(2007-QN-02, 2008-gy-08)共同资助

\* 通讯作者。E-mail: lengkl@ysfri.ac.cn; Tel: (0532)85836348

收稿日期: 2008-07-11; 接受日期: 2008-09-11

作者简介: 孙伟红(1977-), 女, 助理研究员, 主要从事水产品营养评价及食用安全研究。E-mail: sunwh@ysfri.ac.cn, Tel: (0532)85836348

低潮区的砂砾、岩石、滩涂和石沼海岸中(王建伟等 2007;林文庭等 2007)。但是近日来,青岛及邻近海域出现浒苔大面积聚集,由于规模巨大;出现的时期特殊,现已发展成为一场突如其来的海洋自然灾害,严重损害海滨景观。

浒苔是我国沿海地区人民经常采集食用或用作饲料的藻类,含有许多人体必需的营养成分(徐大伦等 2003;吉宏武等 2005;何清等 2006),自古以来即作为食用和药用植物,开发利用潜力巨大;浒苔完全可以变废为宝。国外对浒苔研究较多,特别是在营养成分研究方面(Galland-Irmouli *et al.* 1999; Netten *et al.* 2000; Wong *et al.* 1999,2000)。而我国关于浒苔营养成分的系统研究较少,特别是氨基酸和脂肪酸方面的研究更少。本研究通过对浒苔氨基酸和脂肪酸组成的分析与营养评价,为浒苔资源的加工利用和营养研究提供依据,对开发海洋资源具有重要意义。

## 1 材料与方法

### 1.1 主要仪器与试剂

Agilent 6890N/Waters Quattro micro<sup>TM</sup>气相色谱/质谱联用仪;日立 L-8800 氨基酸分析仪;甲醇、正己烷均为色谱纯,HCL、KOH 为优级纯,三氟化硼乙醚溶液为分析纯,水为蒸馏水。

### 1.2 样品处理

浒苔分别取自山东省青岛市太平角、栈桥、鲁迅公园、麦岛和石老人,样品经海水冲洗后混合均匀,并在烘箱中 105℃ 烘干(黄伟坤等 1997),用粉碎机粉碎后用于实验。

(1)氨基酸测定 精确称取样品约 200 mg,置于自制氮泡瓶中,加入 6mol/L HCL10ml,抽真空封管,至 110℃ 烘箱反应 22 h,开瓶过滤,定容到 50 ml,精取 2 ml 样品溶液置旋转蒸发仪蒸干,加蒸馏水继续至干,加 2 ml 0.02 mol/L HCL,涡旋混匀,过 0.45μm 水相膜,上机测定。

(2)脂肪酸测定 称取样品约 200 mg,加入 1 mol/L KOH/甲醇 2ml,加盖振荡,在 70~75℃ 水浴 10 min(皂化),冷后,加 1 mol/L 三氟化硼/甲醇 3ml,加盖振荡,在 70~75℃ 水浴 10 min(甲酯化),冷却后,加 0.5 ml 正己烷萃取,取上层有机相进行气相色谱-质谱分析。

### 1.3 GC-MS 分析条件

色谱条件 HP-88 毛细管色谱柱(100 m×0.25 mm×0.2 μm),进样口温度 250℃;柱温采用程序升温,初始柱温 45℃,保持 1 min,以 25℃/min 速度升至 180℃,保持 5 min,以 1℃/min 速度升至 195℃,保持 3 min,以 1℃/min 速度升至 210℃,保持 5 min,再以 10℃/min 速度升至 220℃,保持 15 min。载气为高纯氮气(99.999%),恒流模式,流速 0.8 ml/min。采用分流进样,分流比为 50:1,进样量为 1μl,面积归一法定量。质谱条件:质谱传输线温度为 250℃,EI 源,分析

表 1 浒苔中蛋白质的氨基酸组成

Table 1 Amino acid composition in *Enteromorpha prolifera*

氨基酸名称 Amino acid	含量(g/100g 干重) Content (g/100g dry weight)
天门冬氨酸 Asp**	1.15
苏氨酸 Thr*	0.50
丝氨酸 Ser**	0.45
谷氨酸 Glu**	1.15
甘氨酸 Gly**	0.50
丙氨酸 Ala**	0.96
半胱氨酸 Cys	0.12
缬氨酸 Val*	0.45
蛋氨酸 Met*	0.09
异亮氨酸 Ileu	0.31
亮氨酸 Leu*	0.65
酪氨酸 Tyr	0.22
苯丙氨酸 Phe*	0.39
赖氨酸 Lys*	0.56
色氨酸 Trp*	0.26
组氨酸 His*	0.18
精氨酸 Arg	0.53
脯氨酸 Pro	0.34
呈味氨基酸含量	4.21
必需氨基酸含量	3.08
氨基酸总量	8.78

注:\* 为必需氨基酸,\*\* 为呈味氨基酸

前经 FC43 自动调谐,电子轰击能量 70eV,离子源温度 200℃,溶剂延迟 10min,扫描质量范围 50~500。

## 2 结果与分析

### 2.1 浒苔中氨基酸组成分析及评价

浒苔的氨基酸分析结果见表 1。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 8.78%,必需氨基酸(EAA)3.08%,非必需氨基酸(NEAA)5.70%,EAA 占 TAA 的 35.08%,EAA/NEAA 为 54.91%。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 60% 以上,可见浒苔蛋白质氨基酸组成比较接近这一模式,可以作为比较好的植物蛋白源。此外,浒苔中呈味氨基酸含量较高,占氨基酸总量的 47.95%,可见浒苔的味道比较鲜美,可以开发为天然海藻调味料。

### 2.2 浒苔中脂肪酸组成的分析及评价

浒苔脂肪酸的总离子流色谱图、组成及其含量见图 1 和表 2。经 NIST2005 质谱库检索结合人工谱图识别共鉴定出 18 种化合物,占总峰面积的 96.77%,其中饱和脂肪酸 5 种,占脂肪酸总量的 34.22%,不饱和脂肪酸 13 种,占总量的 65.78%。 $\omega$ -3 PUFA 占脂肪酸总量的 29.68%,包括二十碳五烯酸(EPA),二十二碳五烯酸(DPA)等,具有缓解血液中过量的胆固醇,提高免疫力等作用。此外,浒苔中含有绿藻纲的特征脂肪酸——亚麻酸(C18:3n3),占脂肪酸总量的 18.70%。 $\omega$ -6PUFA 占脂肪酸总量的 14.74%,包括花生四烯酸

表 2 浒苔中脂肪酸甲酯的化学组成及含量  
Table2 Chemical components and contents of fatty acid methyl ester in *Enteromorpha prolifera*

编号 No.	保留时间 Retaining time	脂肪酸 Fatty acid	分子式 Molecular formula	面积归一化结果(%) Area-standardization result
1	16.07	C12:0	C <sub>13</sub> H <sub>26</sub> O <sub>2</sub>	0.80
2	18.22	C14:0	C <sub>15</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	0.65
3	21.36	C16:0	C <sub>17</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	30.26
4	22.70	C16:1	C <sub>17</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	1.05
5	24.96	C17:1	C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	0.70
6	25.76	C18:0	C <sub>19</sub> H <sub>38</sub> O <sub>2</sub>	1.40
7	27.36	C18:1n9	C <sub>19</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	2.29
8	27.62	C18:1n7	C <sub>19</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	14.71
9	30.01	C18:2n6	C <sub>19</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	11.06
10	31.82	C20:0	C <sub>21</sub> H <sub>42</sub> O <sub>2</sub>	0.19
11	32.09	C18:3n6	C <sub>19</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	1.10
12	33.45	C18:3n3	C <sub>19</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	18.10
13	35.79	C18:4n3	C <sub>19</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	9.60
14	39.43	C20:3n3	C <sub>21</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	1.35
15	41.56	C20:4n6	C <sub>21</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	0.75
16	41.81	C22:1n11	C <sub>23</sub> H <sub>44</sub> O <sub>2</sub>	0.28
17	45.97	C20:5n3	C <sub>21</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	1.02
18	50.97	C24:1n9	C <sub>25</sub> H <sub>48</sub> O <sub>2</sub>	0.28
19	55.45	C22:5n3	C <sub>23</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	1.18
		$\omega$ -3PUFA		28.72
		$\omega$ -6PUFA		14.26
		不饱和脂肪酸		63.47
		饱和脂肪酸		33.11
		合计		96.77

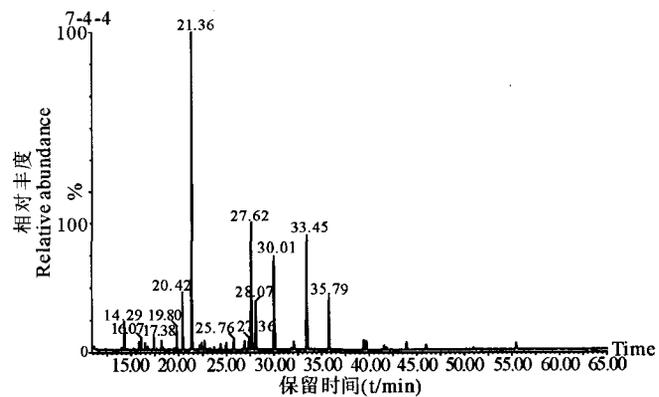


图 1 浒苔中脂肪酸甲酯的总离子流色谱  
Fig.1 Total ion chromatogram of fatty acid methyl ester in *Enteromorpha prolifera*

(AA)等,AA 是促进人体生长发育的重要物质,对维持细胞膜和亚细胞膜的结构和功能具有重要作用。

人体内的不饱和脂肪酸主要有  $\omega$ -6 和  $\omega$ -3 两大类。在人类进化历程中, $\omega$ -6PUFA 和  $\omega$ -3PUFA 的理想比例是 1 : 1,但人工养殖的农畜产品中, $\omega$ -3PUFA 的含量极低,因此导致了人体内  $\omega$ -6PUFA 和  $\omega$ -3PUFA 的比例严重失衡,目前比例已跃升为 30 : 1。这种严重的不平衡直接影响整个人体基因系统的正确表达,结果导致了某些生理机能的紊乱或丧失。其中,心血管、脑神经、呼吸、消化和免疫等系统因  $\omega$ -3 匮乏而导致的病症最为常见。世界卫生组织建议,将比例由目前的 30 : 1 降低到 4 : 1,会大大促进人类的健康。由于不饱和脂肪酸在人体内不能合成,只能从膳食中获得,浒苔中  $\omega$ -6PUFA 和  $\omega$ -3PUFA 的比例为 1 : 2,可以作为人体内  $\omega$ -3PUFA 的补充,具有良好的市场发展前景。

### 3 结论

浒苔中人体所需的必需氨基酸占总氨基酸含量的 35.08%,必需氨基酸配比合理,与 WHO 和 FAO 提出的蛋白质参考模式相接近,具有较高的营养价值,此外呈味氨基酸含量较高,占氨基酸总量的 47.95%,可以作为天然海藻调味料进行开发。浒苔中包含 19 种脂肪酸,其中不饱和脂肪酸含量较高,以多不饱和脂肪酸为主, $\omega$ -3PUFA 占脂肪酸总量的 29.68%, $\omega$ -6PUFA 和  $\omega$ -3PUFA 的比例为 1 : 2,可以作为人体内  $\omega$ -3PUFA 的来源。

### 参 考 文 献

- 王建伟,阎斌伦,林阿朋,胡静平,沈颂东. 2007. 浒苔(*Enteromorpha prolifera*)生长及孢子释放的生态因子研究. 海洋通报,26(2):60~65
- 吉宏武,赵素芬. 2005. 南海 3 种可食绿藻化学成分及其营养评价. 湛江海洋大学学报,25(3):19~23
- 何清,胡晓波,周峙苗,王小燕. 2006. 东海绿藻缘管浒苔营养成分分析及评价. 海洋科学,30(1):34~38
- 林文庭. 2007. 浅论浒苔的开发与利用. 中国食物与营养,9:23~25
- 徐大伦,黄晓春,杨文鸽,吴丹,曹卫庆. 2003. 浒苔营养成分分析. 浙江海洋学院学报(自然科学版),22(4):318~320
- 黄伟坤. 1997. 食品检验与分析. 北京:中国轻工业出版社
- FAO/WHO Ad Hoc expert committee. 1973. Energy and protein requirements. FAO Nutrition Meeting Report Series, 52:40~73
- Galland-Irmouli, A. V., Fleurence, J., and Lamghari, R. 1999. Nutritional value of proteins from edible seaweed *Palmaria palmata* (Dulse). Nutr Biochem,10: 353~359
- Netten, C., Hopton, Cann, S. A., and Morley, D. R. 2000. Elemental and radioactive analysis of commercially available seaweed. The Science of the Environment,255: 169~175
- Wong, K. H., and Peter, C. K. 2000. Nutritional evaluation of some subtropical red and green seaweeds Part 1-proximate composition, amino acid profiles and some physico-chemical properties. Food Chemistry,71: 475~482
- Wong, K. H., and Bsc, Sam, S. W. 1999. Changes in lipid profiles of rats fed with seaweed-based diets. Nutrition Research,19(10):1 519~1 527

## 浒苔的快速干燥技术及其初步开发

滕瑜 王彩理 尚德荣 翟毓秀

(中国水产科学研究院黄海水产研究所, 青岛 266071)

**摘要** 研究了浒苔 *Enteromorpha prolifera* 的三级脱水分段快速干燥技术, 浒苔发生期间以浒苔作为原料及时快速处理大量新鲜浒苔, 以制胶后的海藻渣作为常备原料, 节能减排, 变废为宝。通过对浒苔成分和有害重金属砷、铅、镉和汞含量的分析表明, 浒苔是一种低污染、高膳食纤维、高蛋白的新型海洋食品。同时进行了浒苔罐制产品的研发, 科学合理地制定了浒苔罐头的调味料配方和杀菌工艺, 为浒苔的进一步开发奠定了基础。

**关键词** 浒苔 快速干燥 重金属 罐头 工艺

**中图分类号** S985.4; TS254.5<sup>+</sup>8 **文献标识码** A **文章编号** 1000-7075(2009)02-0110-05

## The instant-drying and preliminary development of *Enteromorpha prolifera*

TENG Yu WANG Cai-li SHANG De-rong ZHAI Yu-xiu

(Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071)

**ABSTRACT** Three-level dehydration drying technology of *Enteromorpha prolifera* was studied in order to process a large amount of fresh *E. prolifera* rapidly during its sudden occurrence and kelp processing wastes, so as to save energy and reduce pollution. The analysis and study on compositions of *E. prolifera* and its content of harmful heavy metal such as As, Pb, Gd and Hg showed that, *E. prolifera* was a new type of seafood with low chemical pollution, high fiber and protein contents. Then method for producing canned-product of *E. prolifera* was studied, for which seasoning prescription and steridization technology were developed so as to utilize *E. prolifera* after scientifically and rationally.

**KEY WORDS** *Enteromorpha prolifera* Instant-drying Heavy metal  
Canned food Techniques

浒苔 *Enteromorpha prolifera* 是一种大型绿藻, 俗称苔条、青海苔等, 为绿藻门石莼目石莼科浒苔属的藻类植物, 在我国主要有条浒苔 *Enteromorpha clathrata*、肠浒苔 *Enteromorpha interspinlis*、扁浒苔 *Enteromorpha compressa*、浒苔和小管浒苔 *Enteromorpha tubulosa* 等 5 种(林文庭 2007)。浒苔为近海滩涂中的天然野生绿藻, 生长在潮间带, 我国沿海均有分布, 是野生藻类资源中的优势种, 其自然繁殖能力特别强, 产量巨大。浒苔自古以来即为食用和药用藻类, 《本草纲目》中记载, 浒苔可“烧末吹鼻止衄血; 汤浸捣敷手背肿痛”。《随园居饮食谱》记载: 浒苔“清胆, 消瘰疬癭瘤, 泻胀、化痰, 治水土不服”(迟玉森 1999)。大型绿藻不仅具有相当的

中国水产科学研究院黄海水产研究所浒苔治理专项资助

收稿日期: 2008-07-21; 接受日期: 2008-09-20

作者简介: 滕瑜(1965-), 男, 副研究员, 主要从事水产品安全加工和综合利用研究。E-mail: tengyu@ysfri.ac.cn, Tel: 13606422669

营养价值(Fleurence 1999; Wong *et al.* 2000), 而且有抗菌消炎、降胆固醇和增强肌体免疫力之功效(Wong *et al.* 1999)。传统的加工方法大多是直接将鲜浒苔自然晒干成浒苔干, 用作食物或饲料; 浒苔深加工产品还较少。目前主要有浒苔干片、浒苔精粉和浒苔绿藻精等。浙江奉化市莼湖镇河泊所苔条, 如今成了日本人的佳肴, 去年有 37 t 苔条销往日本, 创产值 300 多万元。

2008 年 6 月上旬, 受南方强降雨及气候变化的影响, 青岛近海又出现大量浒苔, 比 2007 年早一个月来到岛城海域, 并已侵入奥帆赛场, 对城市景观以及奥帆赛的顺利举行造成不良影响, 更威胁到其他海洋生物的生存, 海边附近有些生物已经死亡。青岛市政府及时采取措施, 组织人力物力, 积极打捞浒苔, 共清理数百吨浒苔。面对本次突发性浒苔事件, 及时对浒苔进行快速处理, 为浒苔的开发利用提供切实可行和科学合理的技术支持。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材 料

7 月 2 日, 从青岛近海积聚区域采集浒苔, 反复用海水冲洗后, 将浒苔放在自来水下洗涤 5 min, 最后用消毒海水漂洗, 以去除原生动植物和浮生生物, 放在冰箱冷藏。料酒、醋和盐等调味料购自青岛超市。

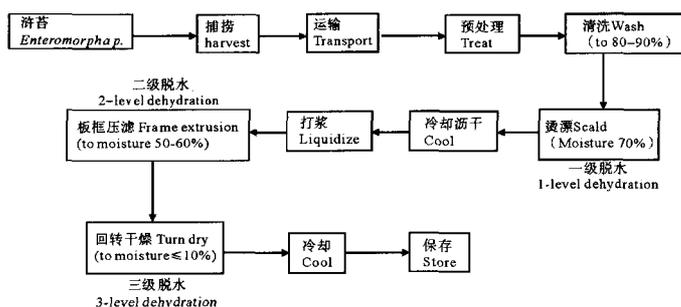
罐制材料使用由山东龙威集团公司提供的四旋式玻璃罐, 罐盖由镀锡薄板制造, 内衬聚氯乙烯塑料垫。

### 1.2 方 法

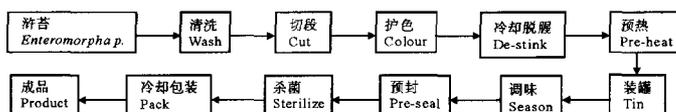
#### 1.2.1 浒苔成分测定

测定方法: GB/T 5009.3 食品中水分的测定, GB/T 5009.4 食品中灰分的测定, GB/T 5009.5 食品中蛋白质的测定, GB 5009.10-85 食品中粗纤维的测定; GB/T 5009.11 食品中总砷及无机砷的测定, GB/T 5009.15-1996 食品中镉的测定方法, GB/T 5009.12 食品中铅的测定, GB/T 5009.17 食品中总汞及有机汞的测定。

#### 1.2.2 浒苔快速处理工艺



#### 1.2.3 浒苔加工工艺



## 2 结果与讨论

### 2.1 浒苔三级脱水分段干燥技术

新鲜浒苔数量多、含水量大, 若不及时进行干燥加工则可能由于浒苔上附着的细菌及消化酶的作用, 在 2

~3d内变质腐烂。由于浒苔中含有糖胶、碘化合物和甘露醇等成分较多,所以在普通干燥方法不能快速、有效干燥,本技术采用烫漂、压榨和回转干燥三级脱水技术,分阶段对浒苔进行脱水干燥,既能有效保留浒苔有效成分,又能达到快速干燥的目的。目前正与青岛市崂山王戈庄化工厂合作,建立一条快速烘干生产线,以浒苔作为突发原料,以制胶后的海藻渣作为常备原料,利用三级脱水分段干燥技术快速处理浒苔,开发浒苔产品。在浒苔暴发期间用于快速处理干燥浒苔,其他时间用于干燥海带藻渣,节能减排,变废为宝,实现双赢。

浒苔经三级脱水干燥的结果如下:浒苔经清洗后水分含量80%~90%,先一级脱水烫漂进行蛋白固定和灭菌使水分含量达到70%左右,再经过沥干打浆后进行板框压滤二级脱水使水分达到50%~60%,最后经过三级脱水回转干燥使水分达到10%以下后保存,能达到1年左右的保质期。

## 2.2 浒苔的成分分析和安全性评价

浒苔一般成分的分析如表1所示。浒苔蛋白质含量10.22%,低于缘管浒苔(27.0%),相对于常食用海藻海带(8.7%)和紫菜(43.6%),浒苔粗蛋白含量属于中上水平,与陆地蔬菜相比,其蛋白质含量较高,作为食品将是一种很好的植物蛋白源。浒苔粗纤维含量8.76%,低于缘管浒苔粗纤维含量(10.2%)和海带(11.8%),而高于紫菜(2.0%),膳食纤维与传统的六大营养素——蛋白质、脂肪、碳水化合物、维生素、无机盐和微量元素、水并列,称之为“第七营养素”,主要包括纤维素、半纤维素、果胶、树胶、藻胶、木质素和戊聚糖等,这些物质虽然不能被人体利用,但对人体健康却有十分重要的作用,中国营养学会建议纤维的日摄入量应30.2g,所以,浒苔等海藻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,浒苔的灰分含量18.32%,高于缘管浒苔(8.2%)和紫菜(7.8%),低于海带(20.0%),灰分主要是指食品中的无机物和矿物质,这些无机成分在维持人体的正常生理功能,构成人体组织有着十分重要的作用。

表1 浒苔和其他海藻成分比较

Table 1 The compositions comparison between *Enteromorpha prolifera* and other seaweeds

海藻 Seaweeds	蛋白质 Protein	粗纤维 Fiber	灰分 Ash	钙 Ca	磷 P	镁 Mg	铁 Fe
浒苔 <i>Enteromorpha prolifera</i>	10.22	8.76	18.32	2.56	0.13	0.79	0.04
* 缘管浒苔 <i>Enteromorpha linza</i>	27.0	10.2	8.2	0.3	0.16	1.13	0.15
海带 <i>Laminaria japonica</i>	8.7	11.8	20.0	0.71	0.20	0.16	0.01
紫菜 <i>Porphyra</i>	43.6	2.0	7.8	0.39	0.58	0.08	0.01

\* 数据引自何清等(2004)

矿物质含量中,浒苔的钙含量最高为2.56%,远高于缘管浒苔(0.3%)、海带(0.71%)和紫菜(0.39%),可以考虑作为补钙产品或者营养来源进行研究开发;浒苔类的镁、铁含量都高于一般海藻,浒苔的镁含量0.79%低于缘管浒苔(1.13%)高于海带(0.16%)和紫菜(0.08%),浒苔的铁含量0.04%低于缘管浒苔(0.15%)高于海带(0.01%)和紫菜(0.01%)。

## 2.3 浒苔中有害物质的分析

藻类的细胞壁主要由多糖、蛋白质和脂肪构成的网状结构,带有一定的负电荷,且有一定的表面积与黏性,细胞膜是具有高度选择性的半透膜,这些结构决定了藻类可富集金属离子,对Cu、Pb和Cd的吸附容量,远高于其他生物种类。刘红英等(2003)对我国部分经济海产食品中的砷、铅、镉和汞的含量进行了测定。结果表明,海产动物(干品)中总砷含量为1.29~27.76mg/kg,无机砷含量为零,铅含量为0.22~9.90mg/kg,镉含量为0~11.83mg/kg,汞的含量为0~3.04mg/kg;海藻(干品)中总砷含量较高46.68~101.88mg/kg,除羊栖菜外,其他海藻的无机砷含量为零。铅含量为6.13~18.31mg/kg,镉含量为1.97~12.05mg/kg,汞含量为0~5.17mg/kg。虽然个别样品重金属含量高于国家标准,但总体是安全的。通过对浒苔的有害物质砷、铅、镉和

汞的分析检测,浒苔中砷含量 1.24mg/kg、铅 0.80 mg/kg、镉 0.38 mg/kg 和汞未检出,这些有害物质含量远低于海藻、海产动物及 GB19643-2005《藻类制品卫生标准》的限量,只有砷含量稍微超欧盟限量(表 2)。

表 2 浒苔和其他海藻中有害重金属含量(mg/kg)

Table 2 The contents of harmful heavy metals in *Enteromorpha prolifera* and other seaweeds(mg/kg)

海藻 Seaweeds	砷 As	铅 Pb	镉 Cd	汞 Hg
浒苔 <i>Enteromorpha prolifera</i>	1.24	0.80	0.38	未检出
海藻 Seaweeds	46.68~101.88	6.13~18.31	1.97~12.05	0~5.17
海产动物 Marine animals	1.29~27.76	0.22~9.90	0~11.83	0~3.04
GB19643-2005	≤1.5	≤1.0	—	≤0.5
欧盟限量 EU limit	≤1.0	≤3.0	≤1.0	≤0.1

1984 年联合国环境规划署提出一份《危害全球环境的化学物质和化学过程清单》,在这份清单上排在前 4 位的化学物质依次是镉、铅、汞和二氧化碳。新生儿体内几乎不含有镉,人体中的镉几乎全部是出生后从环境中蓄积的,镉对人体组织和器官的危害是多方面的,主要是对肾脏、肝脏的危害。1972 年联合国粮农组织和世界卫生组织将镉列为第 3 位需要优先研究的食品污染物(排在第 1 位和第 2 位的是黄曲霉毒素和砷)。2005 年 1 月 25 日发布的我国现行的食品卫生标准 GB2762-2005《食品中污染物限量》、GB19643-2005《藻类制品卫生标准》,规定藻类制品中无机砷限量(干重计)≤1.5 mg/kg。对浒苔 As 含量进行分析(表 3),发现其 As 量只有 1.24mg/kg,远低于缘管浒苔的 2.98 mg/kg,更远低于海带(12.62 mg/kg)和紫菜(16.91 mg/kg)。Netten 等(2000)报道的 15 种海藻 As 含量在 17~88mg/kg 之间,Caliceti 等(2002)分析了 Venice lagoon 所产 7 种海藻中 As 含量范用为(7mg/kg±3 mg/kg)~(242 mg/kg±104 mg/kg),与之相比,浒苔的 As 含量很低。海藻 As 虽然低毒或无毒,但高含量 As 仍令人担忧,从这一角度讲,浒苔和缘管浒苔都是一种令人放心的食品。

表 3 浒苔和其他海藻中的砷含量

Table 3 As content in *Enteromorpha prolifera* and other seaweeds

海藻 Seaweeds	浒苔 <i>Enteromorpha prolifera</i>	缘管浒苔 <i>Enteromorpha linza</i>	海带 <i>Laminaria japonica</i>	紫菜 <i>Porphyra</i>
As(mg/kg)	1.24	2.98	12.62	16.91

## 2.4 浒苔罐头产品研究

浒苔中含有丰富的叶绿素,在加工过程中极易破坏,浒苔纤维较硬,腥味太浓,直接食用不受欢迎,为此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,为进一步利用海藻资源开辟了新的途径。主要操作要点如下:

(1)原料处理 浒苔长而细,易缠绕,难以洗净泥沙等杂质,用干净海水冲洗新鲜浒苔 2~3 遍,仔细去除杂质,再用消毒水浸洗,然后用刀将浒苔切成 3 cm 长短。

(2)脱腥 浒苔经浸泡后有极浓的腥味,严重影响了产品的风味,采用乙醇、乙酸和碱等在室温浸泡浒苔也能脱腥,但是可使部分营养物质损失,为最大限度保持浒苔营养,将浒苔干燥后采用隔水高压蒸煮的方法脱腥软化的目的,是在高温下使低分子呈藻腥味的含氮化合物部分逸出来而减少了藻腥味。蒸煮时应该先排净锅内空气,既有利于温度迅速升高,也保护了浒苔中的活性物质多不饱和脂肪酸不被氧化。

(3)调味 脱腥软化后的浒苔细菌量大为减少,其中的海藻酶也全部杀死,可以长期防潮保存。沥干后尽快进行调味,将浒苔放入 2~3 倍重的调味料液中搅匀,装瓶。各种调料的比例见表 4。

表4 浒苔罐头中的调味料比例  
Table 4 The seasoning rate in canned *Enteromorpha prolifera*

调味料 Seasoning	柠檬酸 Citric acid	醋 Vinegar	糖 Sugar	盐 Salt	味精 Na-G	料酒 Wine	胶 Glue	山梨酸钾 Potassium sorbate
比例 Rate(%)	0.5	1.0	5.0	3.0	1.0	1.0	0.5	0.1

(4)装罐杀菌 调味后的浒苔装瓶上盖,不要旋紧,在排气箱中 100 °C 排气 15 min 后取出旋紧罐盖,而后进杀菌锅杀菌公式为 10'-15'-15'/105 °C,取出后迅速用 70、40 °C 水分段冷却至室温。严格控制反压,杀菌时升温、降温要平稳。

(5)保温检验 采用 37°C±2°C 保温 7 昼夜的检验法,要求保温室上下四周的温度均匀一致。产品经 37 °C 恒温保藏 7 d,未发现胖罐或鼓盖现象,说明杀菌完全,在常温保质期内流通可以保证罐头的质量。

(6)罐头检验结果 商业无菌。

### 3 结语

浒苔是高蛋白、高膳食纤维、低脂肪和低能量,且富含矿物质和维生素的天然理想营养食品的原料,我国在传统食用浒苔的基础上,也对开发新型浒苔食品的进行探索,如浒苔挂面、浒苔酱、浒苔汤料、浒苔果冻、浒苔绿藻精饮料和浒苔功能食品等。目前,浒苔深加工产品还较少,主要有浒苔干片、浒苔精粉和浒苔绿藻精等,浒苔粉和浒苔片在日本作为食品配料或营养性添加剂广泛应用于各种食品,如膨化食品、海苔饼干、海苔花生和海苔干脆面等,而浒苔绿藻精等浒苔活性成分提取物则大多用于功能食品的开发。通过采用本研究的三级脱水分段干燥方式可将大批量浒苔快速干燥,再用于产品开发,前景将是十分可观的,特别在鲜浒苔的降解、浒苔粉的加工制备、浒苔多糖的提取等方面提供了支持和借鉴,能解决浒苔处理难题,最大限量地变废为宝。

### 参 考 文 献

- 刘红英,薛长湖,江艳华,陈洪涛,林 洪,李兆杰. 2003. 我国部分经济海产食品中砷、铅、镉、汞含量的测定与分析. 中国食品学报,增刊:38~41
- 迟玉森. 1999. 新型海洋食品. 北京:中国轻工业出版社
- 何 清,胡晓波,周峙苗,王小燕. 2006. 东海绿藻缘管浒苔营养成分分析及评价. 海洋科学,30(1):34~38
- 林文庭. 2007. 浅论浒苔的开发与利用. 中国食物与营养,9:24~25
- Caliceli, M., Argese, E., and Sfriso, A. 2002. Heavy metal contamination in the seaweeds of the Venice lagoon. Chemosphere,47:44 ~454
- Fleurence, J. 1999. Seaweed proteins; biochemical, nutritional aspects and potential uses. Trends in Food Science and Technology,10:25~28
- Netten, C., Hopfion Cann, S. A., and Morley, D. R. 2000. Elemental and radioactive analysis of commercially available seaweed. The Science of the Environment,255:169~175
- Wong, K. H., and Peter, C. K. 2000. Nutritional evaluation of some subtropical red and green seaweeds Part 1 proximate composition, amino acid profiles and some physico-chemical properties. Food Chemistry,71:475~482
- Wong, K. H., and Bsc, S. S. W. 1999. Changes in lipid profiles of rats fed with seaweed-based diets. Nutrition Research,19(10):1 519~1 527